



СПРАВОЧНИК РАБОЧЕГО

**В.А.ГРАММ
К.В.НИКОЛАЕНКО
А.Г.ФЕДОТОВ**

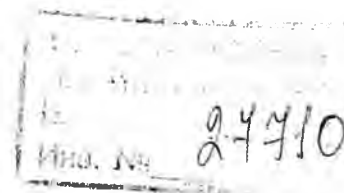
**МАШИНИСТ
МАГНИТНЫХ
СЕПАРАТОРОВ**

6П.9
Г26

В.А.ГРАММ
К.В.НИКОЛАЕНКО
А.Г.ФЕДОТОВ

МАШИНИСТ МАГНИТНЫХ СЕПАРАТОРОВ

СПРАВОЧНИК РАБОЧЕГО



МОСКВА "НЕДРА" 1990

ББК 33.4
Г 76
УДК 621.928.8.004.5(035)

Грамм В.А., Николаенко К.В., Федотов А.Г.

Г 76 Машинист магнитных сепараторов: Справочник рабочего. — М.: Недра, 1990. — 144 с.: ил.
ISBN 5-247-01160-0

Приведены сведения о магнитном поле, характеризующих его величинах и размерностях, классификации материалов по магнитным свойствам, а также основные термины и определения. Изложены основы теории разделения в магнитном поле, описаны конструкции сепараторов и их основных рабочих узлов. Рассмотрены способы наладки магнитных сепараторов и методы измерения параметров магнитного поля. Значительное внимание уделено возможным неисправностям сепараторов, причинам возникновения неполадок в их работе и способам их устранения. Приведены правила техники безопасности при эксплуатации магнитных сепараторов.

Для рабочих обогатительных фабрик.

2504000000 — 230
Г 043(01) — 90 324—90

ББК 33.4

СПРАВОЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Грамм Владимир Анисеевич
Николаенко Константин Викторович
Федотов Анатолий Григорьевич

МАШИНИСТ МАГНИТНЫХ СЕПАРАТОРОВ

Заведующий редакцией *О.И. Паркани*, редактор издательства *Л.М. Неваева*, технические редакторы *Ю.В. Втехина*, *Н.С. Анашкина*, корректор *Е.С. Глуховская*, оператор *И.Ю. Нечаева*, ИБ № 7865

Подписано в печать с репродуцируемого оригинал-макета 04.06.90. Т — 07510.
Формат 60 x 88¹/₁₆. Бум. офсетная № 1. Гарнитура Пресс-роман. Печать офсетная. Усл.-печ. л. 8,82. Усл. кр.-отт. 9,06. Уч.-изд. л. 9,69. Тираж 2650 экз. Зак. 2364 /2208—9. Цена 50 коп.

Набор выполнен на наборно-пишущей машине

Ордена "Знак Почета" издательство "Недра".
125047 Москва, пл. Белорусского вокзала, 3.

Московская типография № 9 НПО "Всесоюзная книжная палата" Госкомитета СССР по печати.
109033, Москва, Волочаевская ул., 40

ISBN 5-247-01160-0

© В.А. Грамм, К.В. Николаенко, А.Г. Федотов, 1990

ПРЕДИСЛОВИЕ

Технологические процессы должны совершенствоваться в направлении сокращения энергозатрат и материалов на производство концентратов, обеспечения наиболее полного использования в народном хозяйстве всех компонентов сырья, устранения вредного влияния обогатительного производства на окружающую среду. Высокопроизводительные и экологически чистые процессы магнитного обогащения вполне соответствуют этим требованиям.

Магнитное обогащение основано на различии в магнитных свойствах разделяемых компонентов руд черных, редких и цветных металлов. Магнитный метод обогащения полезных ископаемых получил широкое применение в СССР и за рубежом. Вовлечение в эксплуатацию новых месторождений, а следовательно, и разнообразие физико-механических свойств обогащаемых руд обусловили наличие большого числа магнитных сепараторов различных типов.

Эффективность работы магнитных сепараторов, степень извлечения ценных компонентов, глубокое обогащение и рациональное комплексное использование добытого сырья зависят от их надежности и правильной эксплуатации. В процессе эксплуатации наступают отказы, для предупреждения которых требуются своевременные профилактические ремонтные работы. Снижение простоев оборудования во многом зависит от глубокого изучения характера неисправностей и их причин. Поэтому важное значение имеет повышение профессиональной квалификации и общей культуры обслуживающего и ремонтного персонала.

Авторы с благодарностью примут все замечания и пожелания по содержанию книги.

ОСНОВЫ ПРОЦЕССА МАГНИТНОГО ОБОГАЩЕНИЯ РУД

1. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

Магнитное поле представляет собой особую форму материи и проявляется в пространстве в виде определенного рода сил, которые легко обнаруживаются по своему действию на намагниченные тела. Действие этих сил на намагниченные тела объясняется наличием в телах быстро движущихся внутримолекулярных электрических зарядов. Впервые магнитное поле было изучено и описано английским физиком У. Гильбертом. Магнитные свойства электрического тока обнаружены и изучены в 1820 г. датским физиком Х.К. Эрстедом.

Магнитные поля создаются телами, носящими название магнитов. Магниты бывают естественные и искусственные. В технике применяют исключительно искусственные магниты: постоянные магниты и электромагниты.

Магнит, свободно подвешенный в пространстве, ориентируется таким образом, что один из его концов — полюсов направлен по земному меридиану к северному магнитному полюсу Земли, а другой — к южному (в средних широтах земного шара). Полюс, располагающийся в сторону севера, обозначают буквой N и называют северным полюсом, а противоположный — южным (S).

Поле обнаруживается приборами (электроинтеграторы ЭГДА, милливеберметры, датчики Холла и гауссметры) или с помощью магнитных порошков (металлических и магнетитовых), частицы которых располагаются вдоль силовых линий, выходящих из одного полюса магнита и входящих в другой. Силовые поля проникают через любые тела. Магниты обладают свойством неделимости, т.е. деление тела магнита даже на весьма малые части дает опять-таки магниты с двумя полюсами.

Магнитное поле характеризуют следующие величины: напряженность — H , градиент поля — $\text{grad } H$, магнитная сила — $F_{\text{магн}}$, магнитная индукция — B , а также магнитный поток — Φ .

Если в какую-либо точку поля поместить прямолинейный проводник с током, то поле будет притягивать либо отталкивать его с какой-то силой. Напряженность — сила, с которой магнитное поле действует на единицу положительной магнитной массы, помещенную в эту точку поля:

$$H = F/m,$$

где F — сила действия поля; m — магнитная масса.

Напряженность магнитного поля в системе СГСМ измеряется в эрстедах (Э), в системе СИ — в амперах на метр (А/м). Между ними существует следующая взаимосвязь: $1 \text{ А/м} = 4\pi \cdot 10^{-3} \text{ Э} = 0,0125 \text{ Э} = 10^3/(4\pi) \approx 80 \text{ А/м}$.

Магнитные поля бывают однородные и неоднородные. В однородных магнитных полях напряженность поля в любой точке постоянна по величине и направлению, т.е. для однородных магнитных полей $H = \text{const}$.

Примером однородного магнитного поля может служить пространство между двумя параллельными полюсами большой площади, расстояние между которыми невелико (рис. 1, а). В однородном поле магнитные частицы подвергаются воздействию вращающего момента, ориентирующего их параллельно силовым линиям поля.

В неоднородных магнитных полях напряженность изменяется по величине или направлению, или и по величине и по направлению.

Примеры неоднородных магнитных полей показаны на рис. 1, б–д.

Неоднородные магнитные поля получают путем изменения формы полюсов или внесением в однородное магнитное поле индукционных магнитов-носителей. В неоднородном поле кроме вращающего момента магнитные частицы испытывают также воздействие силы притяжения в направлении более интенсивных участков поля, что позволяет использовать эти поля для магнитного обогащения.

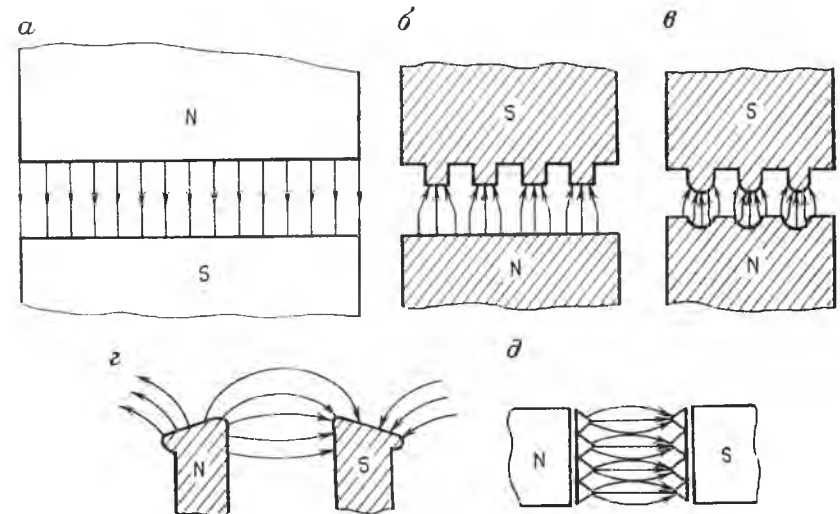


Рис. 1. Схемы однородного (а) и неоднородных (б–д) магнитных полей

В магнитных сепараторах применяют только неоднородные по напряженности магнитные поля, которые характеризуются градиентом поля:

$$\text{grad } H = dH/dx.$$

Градиент поля – скорость изменения напряженности поля в направлении ее наибольшего возрастания. Измеряется градиент поля в амперах на квадратный метр (A/m^2).

Например, если напряженность поля в одной точке равна $800 A/m$, а в другой, расположенной от первой на расстоянии 2 см , $640 A/m$, то $\text{grad } H = (800 - 640)/0,02 = 8 \text{ MA/m}^2$.

Для однородного магнитного поля $\text{grad } H = 0$, а для неоднородного $\text{grad } H \neq 0$.

Градиент поля рассматривают в каком-то определенном направлении, так как одно и то же неоднородное поле может иметь различные градиенты в разных направлениях.

Произведение градиента поля на напряженность в данной точке называют пондеромоторной силой в данной точке:

$$F_M = H \text{ grad } H. \quad (1)$$

Сила действия поля на помещенные в него частицы различна и зависит от их магнитных свойств. Поэтому в формулу (1) необходимо ввести коэффициент χ , характеризующий способность частиц намагничиваться. Полученная сила называется удельной магнитной силой притяжения:

$$F_{\text{магн}} = \mu_0 \chi H \text{ grad } H,$$

где μ_0 – магнитная проницаемость вакуума ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$); χ – удельная магнитная восприимчивость частицы.

Важной характеристикой магнитного поля является магнитная индукция B , значение которой можно определять числом силовых линий, проходящих через единицу площади, перпендикулярной к ним. Индукция определяется по формуле

$$B = \Phi/S,$$

где Φ – магнитный поток, Вб; S – площадь сечения, m^2 .

Единицей магнитной индукции является тесла. Тесла – индукция такого поля, в котором на каждый метр расположенного перпендикулярно к полю проводника с электрическим током в 1 А действует сила в 1 Н .

Магнитный поток через какой-либо контур определяется произведением магнитной индукции B на площадь S этого контура и на косинус угла между направлением поля и нормалью к поверхности контура:

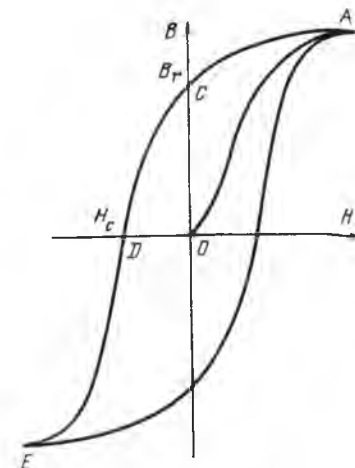


Рис. 2. Петля гистерезиса

$$\Phi = B S \cos \alpha.$$

Важнейшие характеристики постоянных магнитов – остаточная индукция B_r и коэрцитивная сила H_c .

Если ферромагнетик поместить в магнитное поле, то он намагничивается. При возрастании напряженности поля, намагничивающей тело, возрастает и индукция до некоторого состояния, называемого насыщением. При этом индукция возрастает сначала медленно, затем быстро и перед насыщением опять медленно. Если построить график зависимости $B = f(H)$, то получится кривая OA (рис. 2), которая называется основной кривой намагничивания. При уменьшении напряженности поля до нуля индукция в теле не будет равна нулю, а будет иметь некоторое значение, зависящее от магнитных свойств материала образца (отрезок OC). Эта индукция называется остаточной индукцией B_r . Изменим направление намагничивающего поля и будем постоянно увеличивать его. При этом индукция в теле будет дальше уменьшаться и станет равной нулю при $H = H_c$ (H_c – отрезок OD). Участок CD называется кривой размагничивания. При дальнейшем возрастании напряженности поля индукция в образце будет возрастать до $-B_{\text{max}}$ (точка E). Изменение поля от $-H$ до $+H$ вызовет изменение индукции от $-B_{\text{max}}$ до $+B_{\text{max}}$ по нижней кривой.

Явление отставания изменения индукции от изменения напряженности называется гистерезисом, а замкнутая кривая $ACDEA$ – предельной петлей гистерезиса.

Для изготовления магнитных систем сепараторов применяют керамические магниты из анизотропного феррита бария. Исходным

сырьем для указанных магнитов служат чистые оксид железа Fe_2O_3 , углекислый барий $BaCO_3$ и каолин обогащенный $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$, которые подвергают сложной технологической обработке.

Подготовка исходных материалов в основном сводится к просушке оксида железа, прокаливанию (с целью удаления влаги) углекислого бария, просушке каолина и размельчению углекислого бария и каолина. Следующими операциями являются смешивание шихты и ее обжиг, грубое, тонкое и мокрое измельчение порошка до 0,25–0,3 мкм. Анизотропия магнитных свойств создается прессованием магнитов из водной суспензии ферритового порошка в магнитном поле. Отпрессованные изделия просушивают и затем подвергают обжигу в электропечах.

Изготовленные по такой технологии керамические магниты применяют для изготовления магнитных систем барабанных сепараторов, которыми оснащены современные обогатительные фабрики.

§ 2. МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

Различные минералы под действием магнитного поля ведут себя по-разному: одни намагничиваются и притягиваются, другие не реагируют на воздействие поля.

Имеется небольшая группа минералов и искусственных материалов (магнетит, никелистое железо, ферроплатина), которые обладают явно выраженными магнитными свойствами и после кратковременного помещения в магнитное поле становятся магнитами и могут притягивать к себе различные металлические предметы (железные опилки, гвозди и т.д.). Более многочисленна группа минералов со слабыми магнитными свойствами, которые только притягиваются магнитом (ильменит, пирротин, пиролюзит и др.).

Наиболее просто испытать минерал на магнитные свойства можно с помощью свободно вращающейся магнитной стрелки, к концам которой подносится испытуемый образец. Отклонение магнитной стрелки относительно испытуемого минерала свидетельствует о наличии у него магнитных свойств. Магнитные свойства минералов обусловлены содержанием в них элементов-магнитофоров (железа, титана и марганца).

Для характеристики магнитных свойств минералов используют магнитную восприимчивость, выражающую способность тел или веществ к намагничиванию.

Магнитная восприимчивость, относящаяся к способности намагничивания какого-либо тела, называется объемной магнитной восприимчивостью тела (κ_0).

Объемная магнитная восприимчивость тела определяется как отношение интенсивности намагниченности J к напряженности H внешнего намагничивающего поля:

$$\kappa_0 = J/H.$$

Объемная магнитная восприимчивость является безразмерной величиной. Ее можно рассматривать как магнитный момент единицы объема тела (1 м^3), возникающий при его намагничивании в поле напряженностью 1 А/м . Для вакуума $\kappa_0 = 0$.

Удельную магнитную восприимчивость вещества и тела χ ($\text{м}^3/\text{кг}$) определяют, разделив объемную восприимчивость на плотность вещества δ ($\text{кг}/\text{м}^3$):

$$\chi = \kappa_0/\delta.$$

По удельной магнитной восприимчивости все вещества делят на парамагнитные (магнитные), у которых $\chi > 0$, и диамагнитные, у которых $\chi < 0$.

Магнитная восприимчивость тела κ_0 и вещества χ связаны между собой математической зависимостью:

$$\kappa_0 = \chi/(1 + N\chi),$$

где χ – объемная магнитная восприимчивость вещества ($\chi = J/H_{в}$); $H_{в}$ – внутреннее магнитное поле вещества; N – коэффициент размагничивания, зависящий от соотношения размеров тела.

Разделение в магнитном поле происходит лишь в том случае, когда магнитные свойства минералов руды различны.

Для успешного разделения смеси зерен по их магнитным свойствам необходимо, чтобы соотношение их удельных магнитных восприимчивостей было не менее 2:1, так как в противном случае магнитные силы, действующие на частицы разных материалов, будут почти одинаковыми. Чем больше отношение удельных магнитных восприимчивостей разделяемых минералов, тем легче их разделение.

В табл. 1. приведены удельные магнитные восприимчивости некоторых минералов.

По магнитным свойствам минералы условно можно разделить на три группы:

сильномагнитные, или ферромагнитные, извлекаемые на магнитных сепараторах с относительно слабым магнитным полем напряженностью до $H = 95 + 140 \text{ кА/м}$. Это минералы, обладающие удельной магнитной восприимчивостью вещества $\chi > 3,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{кг}$, в том числе магнетит, маггемит, франклинит и пирротин;

слабомагнитные, извлекаемые на магнитных сепараторах с сильным магнитным полем напряженностью от 800 до 1600 кА/м. Это многочисленная группа минералов, включающая парамагнитные минералы с

Удельная магнитная восприимчивость некоторых минералов

Таблица

Минерал	Удельная магнитная восприимчивость, 10^{-8} м ³ /кг
Магнетит (Fe ₃ O ₄)	80 000
Мартит (Fe ₂ O ₃)	До 880
Гематит (Fe ₂ O ₃)	88-220
Сидерит (FeCO ₃)	75
Бурый железняк (Fe ₂ O ₃ · nH ₂ O)	75
Гётит (FeOOH)	40-90
Пирролизит (MnO ₂)	38
Манганит (MnO ₂ · Mn(OH) ₂)	62
Гаусманнит (Mn ₂ O ₄)	72
Псиломелан (n Mn ₂ O ₃ · mH ₂ O)	80-120
Родохрозит (MnCO ₃)	172
Амфиболы	113
Биотит K(Mg, Fe) ₃ [AlSi ₃ O ₁₀](OH, F) ₂	50-65
Вольфрамит (Fe, Mn)WO ₄	83-119
Глаукоцит K(Fe, Al) ₃ [AlSi ₃ O ₁₀](OH) ₂ · nH ₂ O	79
Ильменит (Mg, Fe)TiO ₃	142-330
Касситерит SnO ₂	6
Дистен Al ₂ [SiO ₄] ₂ O	5
Кальцит Ca[CO ₃]	-0,5
Циркон Zr[SiO ₄]	От -1 до +4
Кварц SiO ₂	От -0,2 до +1

удельной магнитной восприимчивостью в пределах от $\chi = 7,5 \cdot 10^{-6}$ до $\chi = 1,26 \cdot 10^{-7}$ м³/кг, в том числе оксиды, гидроксиды, карбонаты железа и марганца, ильменит, вольфрамит и др.;

немагнитные, не извлекаемые методом магнитного обогащения. Это парамагнитные минералы, обладающие магнитной восприимчивостью $\chi < 1,26 \cdot 10^{-7}$ м³/кг, и диамагнитные минералы ($\chi < 0$).

Магнитная восприимчивость чистых веществ — величина постоянная.

У небольшой группы веществ и минералов (ферро- и антиферромагнетиков) магнитная восприимчивость изменяется с изменением размера частиц и напряженности поля, в котором эти вещества или минералы находятся.

В практике магнитного обогащения особое внимание уделяется магнитным свойствам частиц минералов размером менее 50 мкм. Это вызвано тем, что в последнее время объектом внимания становятся труднообогатимые тонковкрапленные руды, требующие для полного

их раскрытия на полезный минерал и пустую породу измельчения до крупности 50 мкм.

При этом размеры тонких классов приближаются к доменным. Домен — частица, в которой установлена упорядоченная ориентация магнитных моментов атомов, т.е. частица, намагниченная практически до насыщения.

Магнитные свойства у частиц минералов доменных размеров сильно отличаются от свойств больших масс данного вещества. Для них характерно аномальное повышение магнитной восприимчивости по сравнению с частицами других размеров. Зависимость магнитных свойств некоторых минералов от крупности частиц показана на рис. 3.

Знание особенностей магнитных свойств минералов различной крупности позволяет решить некоторые проблемы их обогащения. Так, результаты исследований ферромагнитных минералов позволили объяснить трудности извлечения искусственного магнетита в концентрат при обжигмагнитном обогащении окисленных железистых кварцитов.

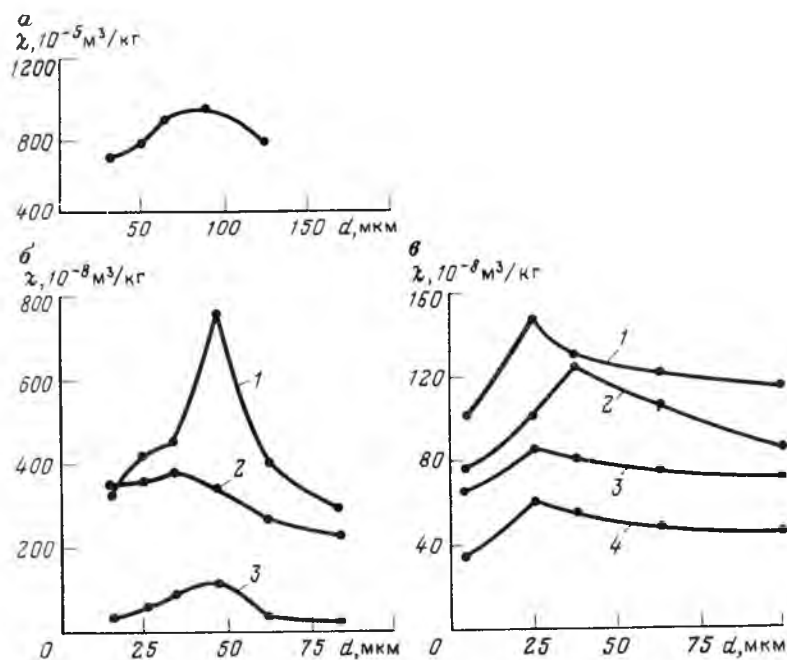


Рис. 3. Зависимость магнитных свойств минералов руд черных металлов от крупности d частиц:

a — магнетита (по данным Н.Ф. Мясникова); b — окисленных железистых кварцитов (по данным Н.Ф. Мясникова); 1 — мартит; 2 — гематит; 3 — гётит; e — марганцевых руд: 1 — манганокальцит + родохрозит; 2 — псиломелан; 3 — манганит; 4 — пирролизит

1.1. ПОКАЗАТЕЛИ ОБОГАЩЕНИЯ

Источником получения металлов, многих видов сырья, топлива, а также строительных материалов являются полезные ископаемые. Полезным ископаемым называют природное минеральное вещество органического и неорганического происхождения, которое при современном состоянии техники в естественном виде или после предварительной обработки может быть достаточно эффективно использовано в народном хозяйстве.

Полезные ископаемые бывают твердыми, жидкими и газообразными. Объектом обогащения являются твердые полезные ископаемые.

Полезные ископаемые редко встречаются в виде химических элементов. Обычно они представлены химическими соединениями различных элементов, называемыми минералами. Полезные минералы называют рудными, минералы, не представляющие ценности, называют нерудными, или пустой породой.

Полезные ископаемые состоят из смеси рудных и нерудных минералов. Если массовая доля рудного минерала в горной породе достаточна для промышленного использования этой горной породы, то ее называют рудой.

Руды могут содержать различную долю полезного минерала: чем ценнее данный минерал, тем меньшая массовая доля его в руде считается достаточной для промышленного использования. Понятие руды является переходным, зависящим от ценности данного минерала и уровня развития добычи руды и ее обогащения. Истощение запасов богатых руд приводит к необходимости использовать руды с более низким содержанием полезного минерала.

Добываемые полезные ископаемые в большинстве случаев непригодны к непосредственному использованию, так как содержащиеся в руде примеси часто являются ненужными или даже вредными и их необходимо отделить.

Отделение рудных зерен от пустой породы выполняется операциями, объединяемыми общим названием – обогащение руд.

Основная задача обогащения руд – разделение их на два или несколько продуктов, в каждом из которых находится основная масса одного из минералов этой руды.

Обогащение полезных ископаемых состоит из целого ряда операций обработки руды. Все операции обогащения можно разделить на три основные группы:

- подготовительные – дробление и измельчение руды перед обогащением;
- собственно обогащение;

вспомогательные – обезвоживание продуктов обогащения, их транспорт и т.д.

Методы обогащения руд основаны на использовании различных свойств минералов: цвета, формы, плотности, свойств поверхности, магнитной восприимчивости, электропроводности и др.

Метод, основанный на использовании различных магнитных свойств минералов, называют магнитным обогащением.

В процессе обогащения руд получают конечные продукты: концентрат, промежуточный продукт и хвосты.

Концентрат – продукт обогащения, в котором массовая доля ценного компонента значительно выше, чем в исходной руде. Массовая доля ценного материала и примесей в концентрате, или его качество, определяется требованиями последующего металлургического процесса и устанавливается ГОСТами или техническими условиями (ТУ) министерств, главков и комбинатов.

Хвосты – продукт обогащения, имеющий незначительную массовую долю ценного компонента по сравнению с исходной рудой.

Промежуточный продукт – продукт обработки исходного материала, который по массовой доле данного минерала, металла или элемента богаче хвостов, но беднее концентрата. Промежуточный продукт не является конечным продуктом обогащения и может быть одинаков по качеству с исходным материалом. Обычно промпродукты направляют на дополнительную переработку.

Массовую долю (содержание) компонентов принято обозначать греческими буквами: α (альфа) – массовая доля металла в исходной руде; β (бета) – массовая доля металла в концентрате или промпродукте; γ (гамма) – массовая доля металла в хвостах. Массовую долю компонентов обычно определяют химическими анализами и выражают в процентах (%), долях единицы или для драгоценных металлов в граммах на тонну (г/т).

Разделение руды на два или несколько продуктов в одной машине называют операцией обогащения.

Для количественной характеристики получаемых продуктов обогащения используют термин "выход".

Выход продукта – отношение массы полученного продукта к массе исходной руды (сырья). Выход продукта выражают в процентах или долях единицы и обозначают греческой буквой γ (гамма).

Например, если на обогащение поступило 100 т руды, а получено 25 т концентрата, то выход концентрата составит:

$$\gamma = 25 \cdot 100/100 = 25 \%$$

Извлечение компонента в продукт обогащения – отношение массы компонента в продукте к массе того же компонента в исходном

полезном ископаемом. Извлечение выражается обычно в процентах или долях единицы и обозначается греческой буквой ϵ (эпсилон).

Например, если из 100 т руды с массовой долей металла 30 % получено 40 т концентрата с массовой долей металла 60 %, то извлечение металла в концентрате составит:

$$\epsilon = 40 \cdot 60 \cdot 100 \% / (100 \cdot 30) = 80 \%$$

Массовую долю, выход и извлечение называют показателями обогащения. Показатели обогащения связаны между собой простыми уравнениями:

$$100 \% = \gamma_K + \gamma_{ХВ} \quad (2)$$

$$100 \% = \epsilon_K + \epsilon_{ХВ} \quad (3)$$

$$100 \% = \gamma_K \beta + \gamma_{ХВ} \vartheta \quad (4)$$

где γ_K, ϵ_K – соответственно выход и извлечение концентрата; $\gamma_{ХВ}, \epsilon_{ХВ}$ – соответственно выход и извлечение хвостов.

Уравнения (2)–(4) называют балансовыми. Кроме балансовых уравнений показатели обогащения связаны и другими уравнениями, вытекающими из балансовых:

$$\epsilon \alpha = \gamma \beta \quad (5)$$

$$\gamma_K = 100(\alpha - \vartheta) / (\beta - \vartheta) \quad (6)$$

Пользуясь уравнениями (2)–(6), подсчитывают показатели обогащения.

Пример расчета показателей обогащения. Опробованием продуктов обогащения установлено, что массовая доля железа составляет, %: в исходной руде $\alpha = 0,35$; в концентрате $\beta = 60$; в хвостах $\vartheta = 15$.

1. Выход концентрата по формуле (6):

$$\gamma_K = 100(35 - 15) / (60 - 15) = 44,4 \%$$

2. Выход хвостов по формуле (2):

$$\gamma_{ХВ} = 100 - 44,4 = 55,6 \%$$

3. Извлечение железа в концентрат по формуле (5):

$$\epsilon = 44,4 \cdot 60 / 35 = 76,1 \%$$

§ 4. СХЕМЫ МАГНИТНОГО ОБОГАЩЕНИЯ

Схема обогащения – совокупность операций по подготовке и переделу руды с целью получения из нее концентрата заданного качества.

Схема обогащения, содержащая данные о качестве обрабатываемой руды и получаемых продуктов ее обработки, а также о режиме

обработки в отдельных операциях, называется качественной, а схема, содержащая данные о массе обрабатываемой руды и продуктов обработки, – количественной.

Схему переработки, имеющую в качестве обогатительной операции магнитное обогащение, называют схемой магнитного обогащения.

Приняты следующие обозначения и правила написания технологических показателей в схемах обогащения:

- абсолютные показатели – в тоннах в единицу времени;
 - относительные показатели – в долях единицы, процентах;
 - нижний индекс показывает номер продукта или операции в схеме;
 - номера продуктов обозначают арабскими, а номера операций – римскими цифрами;
 - качественные показатели – $\alpha, \beta, \vartheta, \gamma, \epsilon$.
- Пример схемы обогащения приведен на рис. 4.

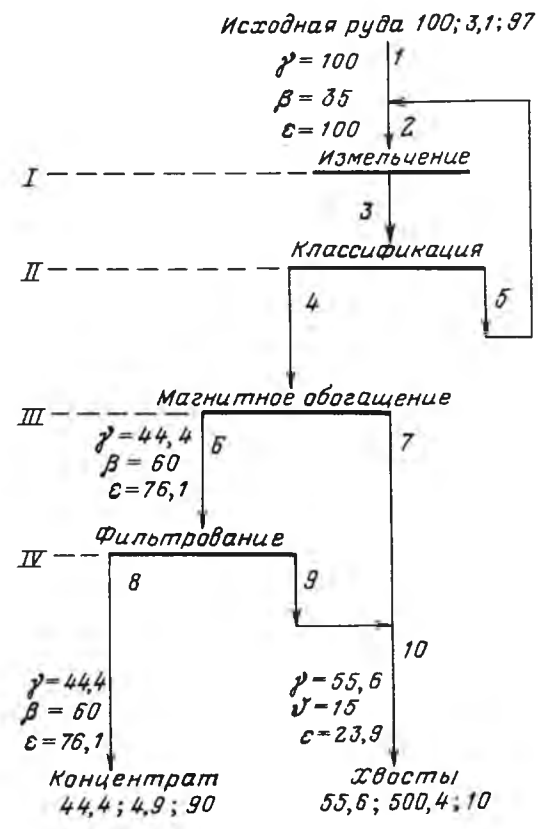


Рис. 4. Принципиальная схема обогащения:

Цифры у исходного и конечных продуктов: первая – производительность по твердому, т/ч; вторая – объемная производительность, м³/ч; третья – содержание твердого, %

Схемы магнитного обогащения характеризуются большим разнообразием, обусловленным физико-минералогическими особенностями обогащаемых руд. Магнитное обогащение широко применяют при обогащении руд черных металлов и редкометалльных руд.

Обогащение магнетитовых руд. Магнетитовые руды по своим физико-минералогическим особенностям можно разделить на скарновые (крупновкрапленные, контактово-метасоматических месторождений), магнетитовые кварциты (тонковкрапленные осадочно-метаморфизированных месторождений), гематитомагнетитовые (частично окисленные), магномагнетитовые и титаномагнетитовые (магматических месторождений).

В соответствии с этим магнитообогащительные фабрики сооружают с различными схемами: простыми (одностадийными); сложными (многостадийными), комбинированными (использующими несколько различных методов обогащения).

Основной рудный минерал этих руд – магнетит. Благодаря высокой удельной магнитной восприимчивости магнетита (до $8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{кг}$) эти руды обогащают на барабанных магнитных сепараторах ПБМ, ПБС с напряженностью поля на поверхности барабана 95–140 кА/м.

Месторождения скарновых магнетитовых руд в СССР расположены в Казахстане и на Южном Урале. Руды перерабатывают на следующих горно-обогатительных предприятиях: Соколовско-Сарбайский ГОК, Абагурская, Мундыбашская, Высокогорская, Гороблагодатская, Магнитогорская обогатительные фабрики.

На рис. 5, а показана схема обогащения скарновой магнетитовой руды. Особенность схемы – многостадийность процесса, обусловленная неравномерной вкрапленностью руды. В начале процесса предусмотрено сухое магнитное обогащение дробленной руды с целью выделения промпродукта и сброса части отвальных хвостов. После этого промпродукт измельчается и подвергается мокрому магнитному обогащению для поэтапного раскрытия немагнитной фракции и выделения ее в отвальные хвосты. Схема может включать в себя до трех стадий мокрого магнитного обогащения.

Месторождения тонковкрапленных магнетитовых кварцитов расположены в районах Украины и Центральночерноземного района РСФСР. Магнетитовые кварциты перерабатывают на следующих горно-обогатительных комбинатах: Ингулецком (ИнГОК), Южном (ЮГОК), Северном (СевГОК), Новокриворожском (НКГОК), Днепровском (ДГОК) (УССР), Лебединском (ЛебГОК), Стойленском (СтГОК) (РСФСР).

На рис. 5, б показана схема обогащения тонковкрапленной магнетитовой руды (кварциты). Характерная особенность схемы –

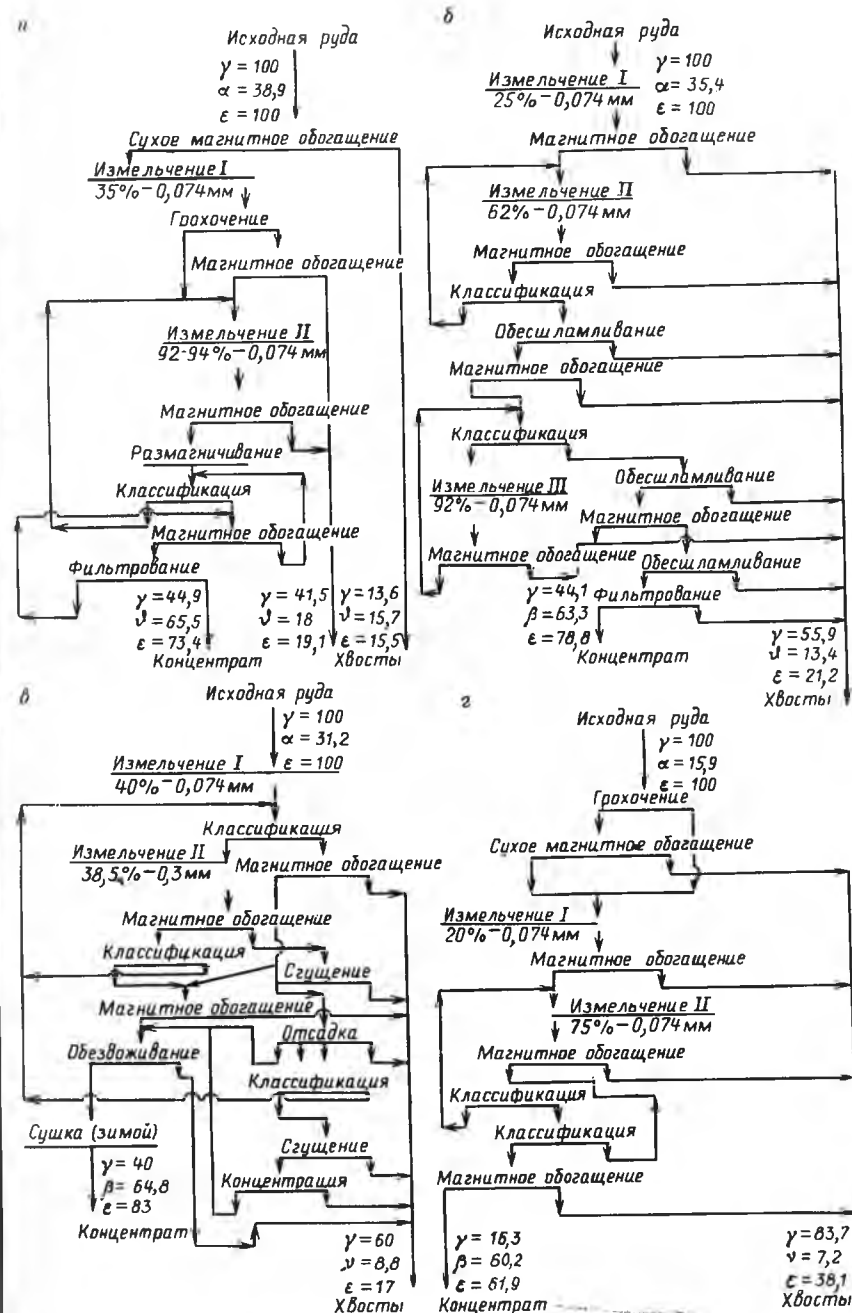


Рис. 5. Схемы обогащения магнетитовых руд на различных ГОКах:
 а – Соколовско-Сарбайском; б – ЮГОКе; в – Оленегорском; г – Качканарском

27710

большое число операций магнитного обогащения в связи с тонкой неравномерной вкрапленностью магнетита. Схема включает в себя до пяти стадий мокрого магнитного обогащения, каждая из которых может иметь до трех приемов.

Гематито-магнетитовые руды залегают на севере страны в районе Кольского п-ова, в Центральнoчерноземном районе РСФСР и на Урале. Их перерабатывают на Оленегорском (ОГОК), Михайловском (МихГОК) горно-обогатительных комбинатах и Магнитогорской обогатительной фабрике.

На рис. 5, в показана схема обогащения гематито-магнетитовой руды. Особенность схем переработки гематито-магнетитовых руд – введение в них дополнительных операций (отсадка, винтовое и высокоинтенсивное магнитное обогащение) для доизвлечения окисленных рудных минералов из хвостов магнитного обогащения.

Магномагнетитовые и титаномагнетитовые рудные месторождения расположены на Кольском п-ове, в Западной Сибири и на Урале. Руды перерабатывают на Ковдорском, Коршуновском и Качканарском горно-обогатительных комбинатах.

Схемы обогащения этих руд (рис. 5, г) просты и включают в себя одну (две) стадию измельчения и две (три) стадии мокрого магнитного обогащения. Особенность этих схем – включение операции сухого магнитного обогащения дробленой руды, позволяющей сбросить часть отвальных хвостов. Ценность концентратов, получаемых на этих фабриках, определяется не только железом, но и другими элементами (титан, вольфрам, ванадий и т.д.), а также самоплавкостью концентратов благодаря повышенному содержанию щелочей.

Обогащение слабомагнитных железных руд. По своим физико-минералогическим особенностям слабомагнитные руды можно разделить на бурожелезняковые руды и окисленные железистые кварциты. Такое деление обуславливает различие в схемах обработки. Размер рудных зерен бурожелезняковых руд от 0,1 до 4 мм, а окисленных железистых кварцитов в пределах 0,05 мм.

Основными рудными минералами слабомагнитных руд являются: у бурожелезняковых – гетит и гидрогетит с удельной магнитной восприимчивостью $(40-90) \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$; у окисленных железистых кварцитов – мартит, гематит, сидерит с удельной магнитной восприимчивостью от 880 до $75 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$. В связи с низкой удельной магнитной восприимчивостью этих минералов при их обогащении в рабочей зоне сепаратора необходимо создавать большие магнитные силы. Слабомагнитные руды обогащают на сепараторах ЭВМ, ЭВС и ЭРМ с напряженностью магнитного поля до 1600 кА/м.

Месторождения бурожелезняковых руд расположены в Казахстане и на Украине, но магнитным способом перерабатывают только руды Казахстана на Лисаковском горно-обогатительном комбинате.

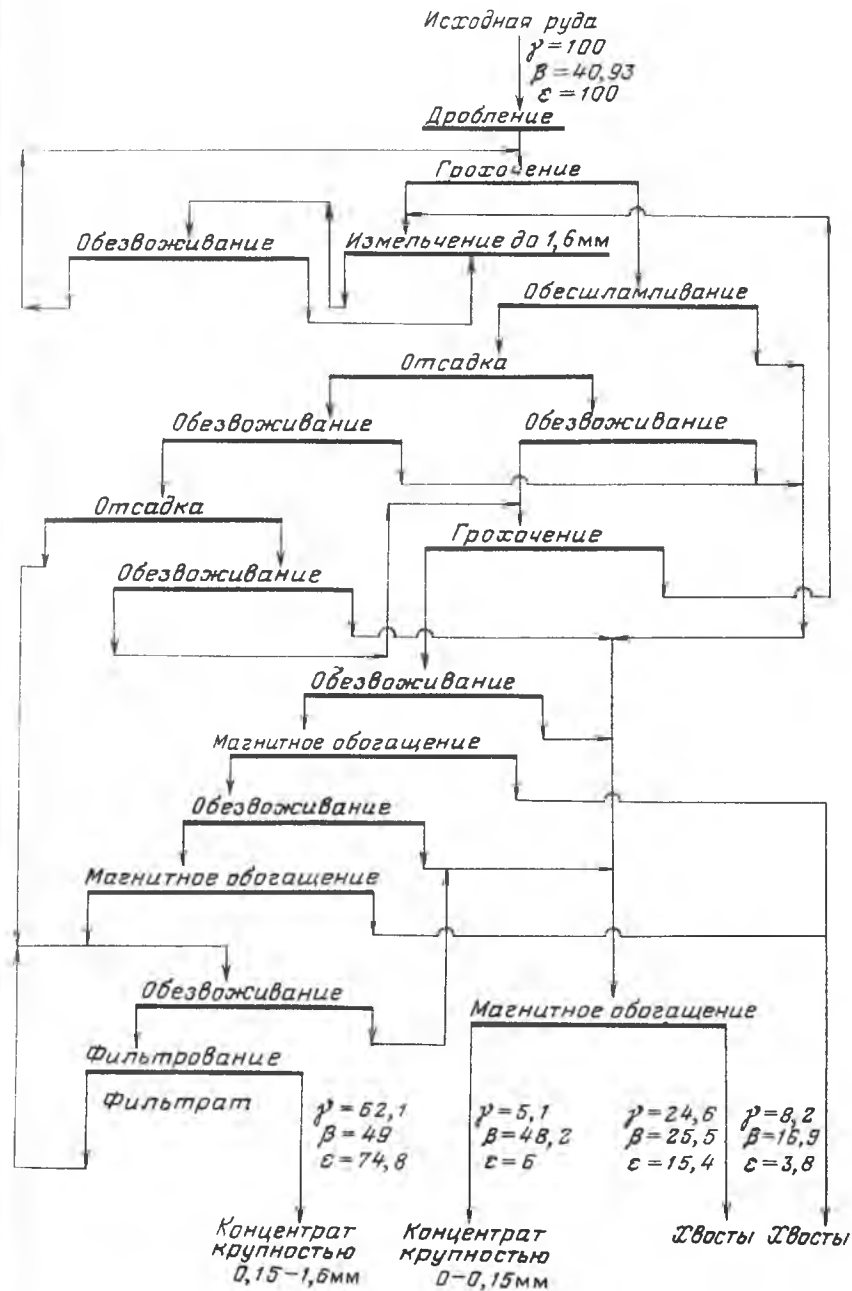


Рис. 6. Схема обогащения бурожелезняковых руд на Лисаковском ГОКе

Схема обогащения бурожелезняковых руд (рис. 6), как правило, комбинированная и включает в себя отсадку с последующей доводкой черного концентрата на магнитных сепараторах типа ЭВМ. В зависимости от особенностей руды обогащение ведется в два или три приема.

Для повышения извлечения железа в концентрат хвосты фабрики доводят на сепараторе типа ЭРМ.

Месторождения окисленных железистых кварцитов расположены на Украине и в Центральночерноземном районе РСФСР. Руды обогащают по двум, имеющим принципиальное отличие схемам. Первая схема включает в себя предварительный обжиг окисленной железной руды (рис. 7, а) и восстановление оксидных минералов до магнетита с последующим обогащением на магнитных сепараторах типа ПБМ. Таким способом обогащают руду на ЦГОКе (г. Кривой Рог).

Во второй схеме (рис. 7, б) предусмотрено тонкое измельчение исходной руды до 90–95 % класса – 0,044 мм и магнитное обогащение в две стадии в сепараторах типа ЭРМ. Каждая стадия магнитного обогащения может включать в себя до двух приемов. По этой схеме спроектированы и построены установки по переработке окисленных железистых кварцитов на НКГОКе и ЦГОКе (УССР), МихГОКе (РСФСР) и комбинат окисленных железных руд (КГОКОР) в г. Кривой Рог.

Обогащение марганцевых руд и шламов. Марганцевые руды по их минералогическим особенностям можно разделить на оксидные, карбонатные и смешанные.

К основным рудным минералам марганцевых руд относят: оксидные – пиролюзит ($\chi = 38 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$), манганит ($\chi = 62 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$), псиломелан ($\chi = 120 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$), карбонатные – манганокальцит ($\chi = 50 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$) и кальциевый родохрозит ($\chi = 172 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$).

Смешанные руды содержат в своем составе оксидные и карбонатные минералы.

Низкая удельная магнитная восприимчивость марганцевых минералов определила схему их переработки с применением сепараторов типа ЭВМ, имеющих напряженность магнитного поля до 1600 кА/м.

Расположены месторождения марганцевых руд на Украине (Никопольский бассейн), Кавказе (Чиатурский бассейн), в Казахстане и Сибири.

Схема обогащения марганцевых руд – комбинированная и включает в себя отсадку и магнитное обогащение (рис. 8). В процессе переработки марганцевых руд образуется большой объем шламов крупностью 0,16–0 мм. Для их обогащения установлены сепараторы типа ЭРМ. Такие установки работают на фабриках ПО "Чиатурмарганец" (ГССР), Грушевской и Чкаловской (УССР). Спроектирован Таврический ГОК по переработке карбонатных руд на сепараторах ЭВМ и ЭРМ.

Обогащение редкометалльных руд. Большую роль играет магнитное обогащение при переработке титано-циркониевых руд и доводке

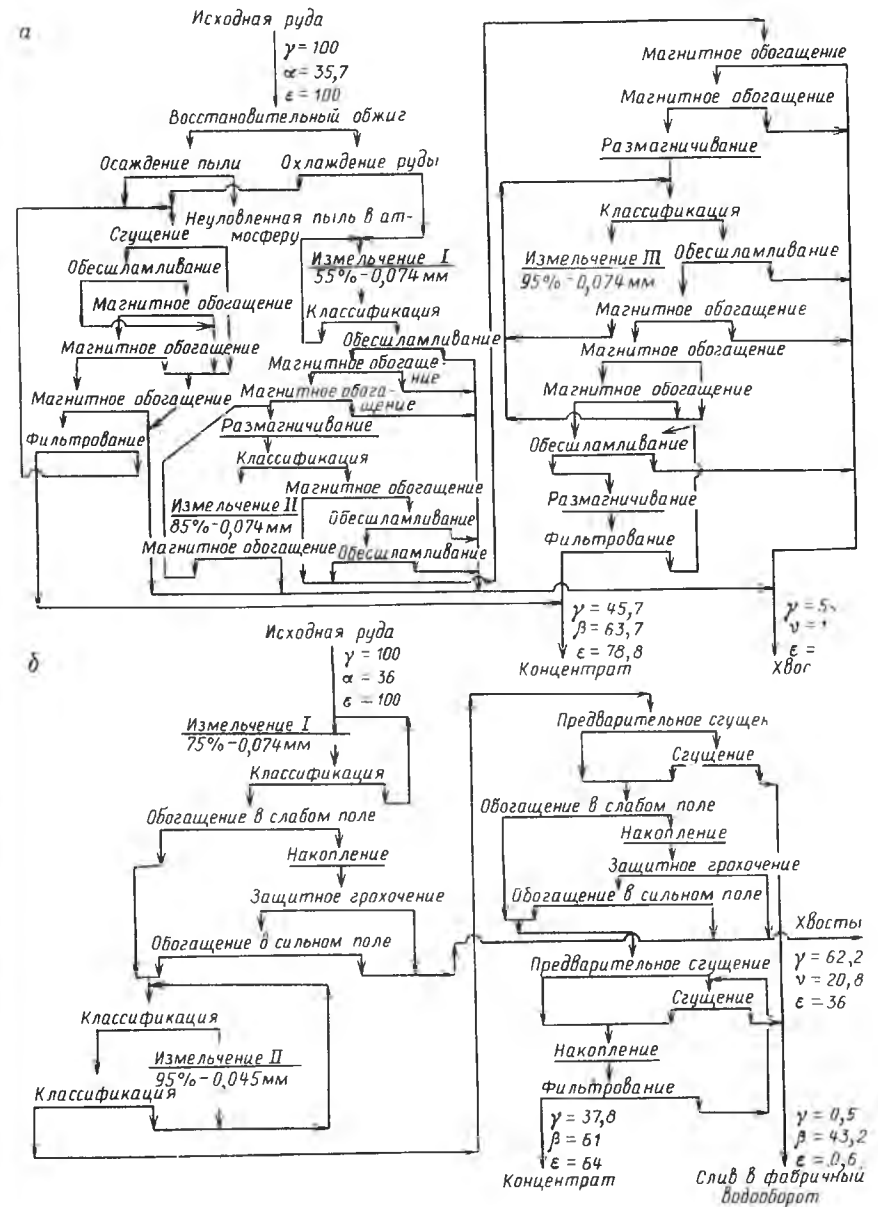


Рис. 7. Схемы обогащения окисленных железистых кварцитов:
а – Центрального ГОКа; б – Криворожского комбината окисленных железных руд

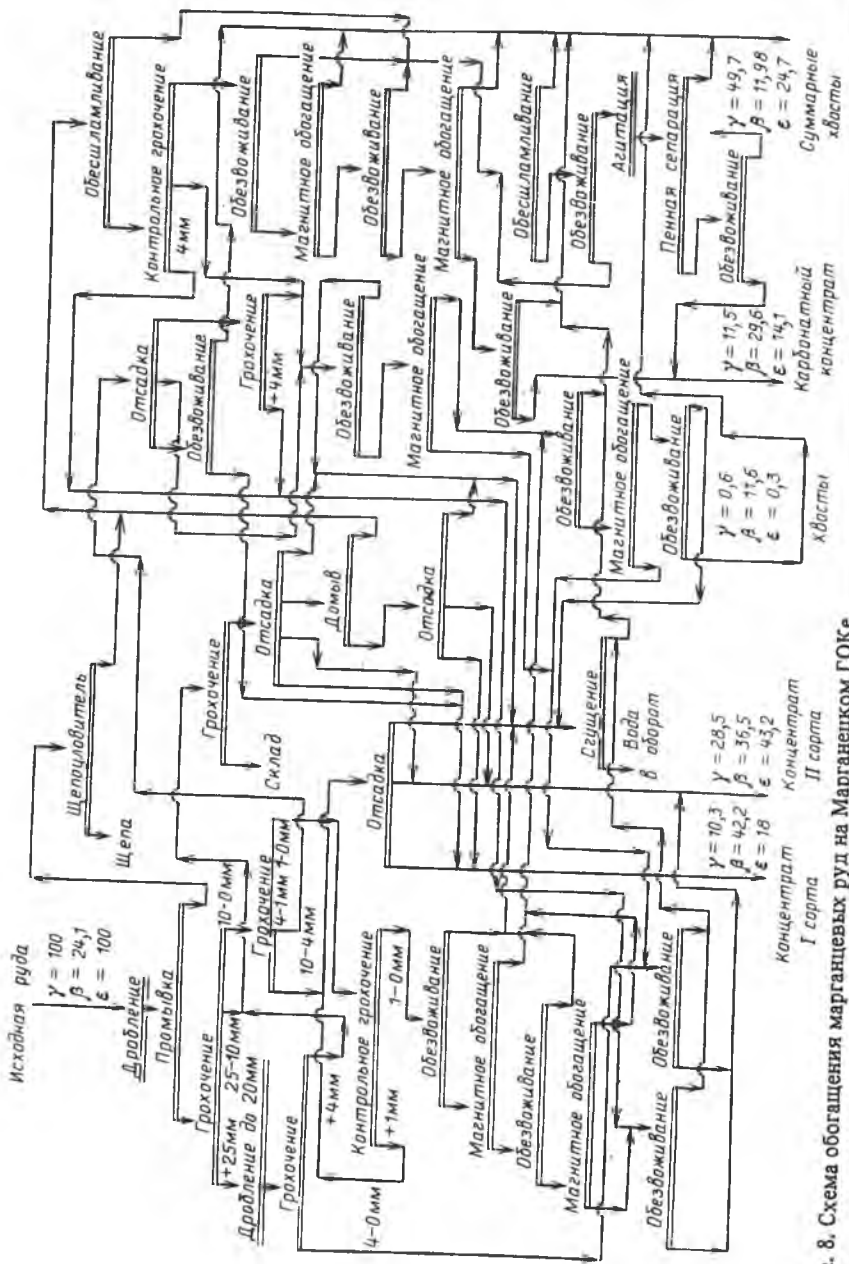


Рис. 8. Схема обогащения марганцевых руд на Марганецком ГОКе

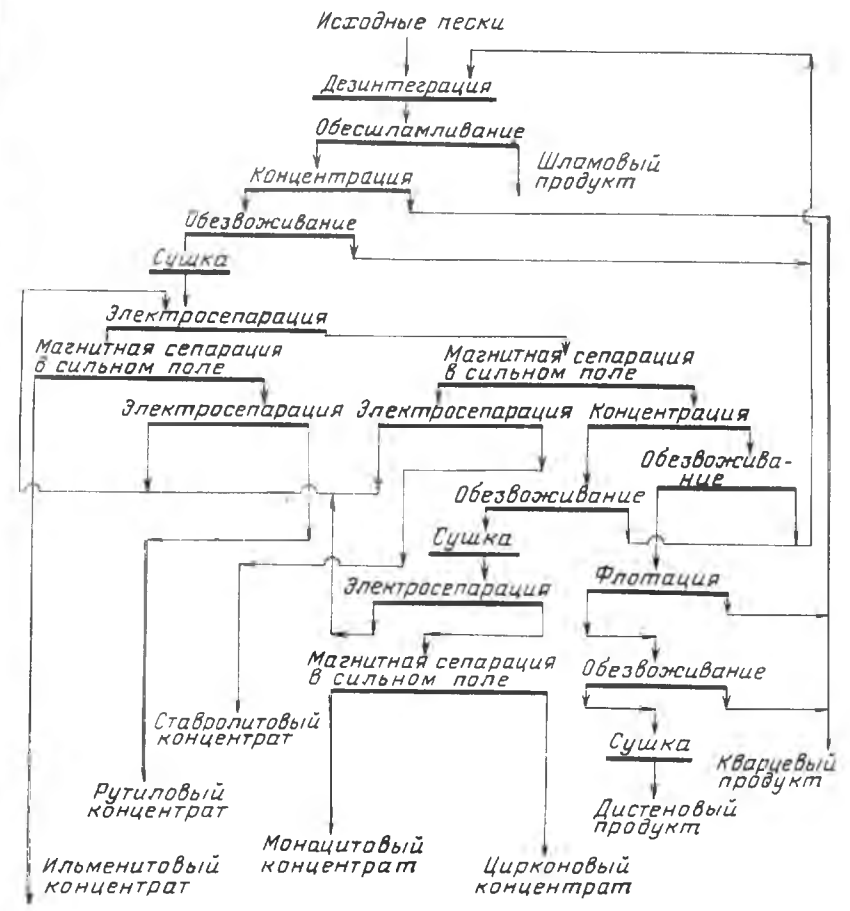


Рис. 9. Схема обогащения титаново-циркониевых песков

черновых концентратов. На рис. 9 показана схема одной из крупных обогатительных фабрик, работающих на таком сырье. Дополнение цепи аппаратов магнитными сепараторами типа ЭВС и ЭРМ позволило получать особо чистый циркониевый концентрат, а также дополнительно извлекать ильменит, рутил, ставролит из отвальных хвостов.

Сепараторы типа ЭРМ работают также на фабриках, перерабатывающих вольфрамовые концентраты и оловянно-вольфрамовые промпродукты. На рис. 10 приведена схема доводки губнеритового концентрата, полученного при обогащении вольфрамовых руд гравитационным способом. При доводке губнеритового концентрата вольфрамит и губнерит извлекаются на сепараторах типа ЭВС при высокой напряженности магнитного поля.

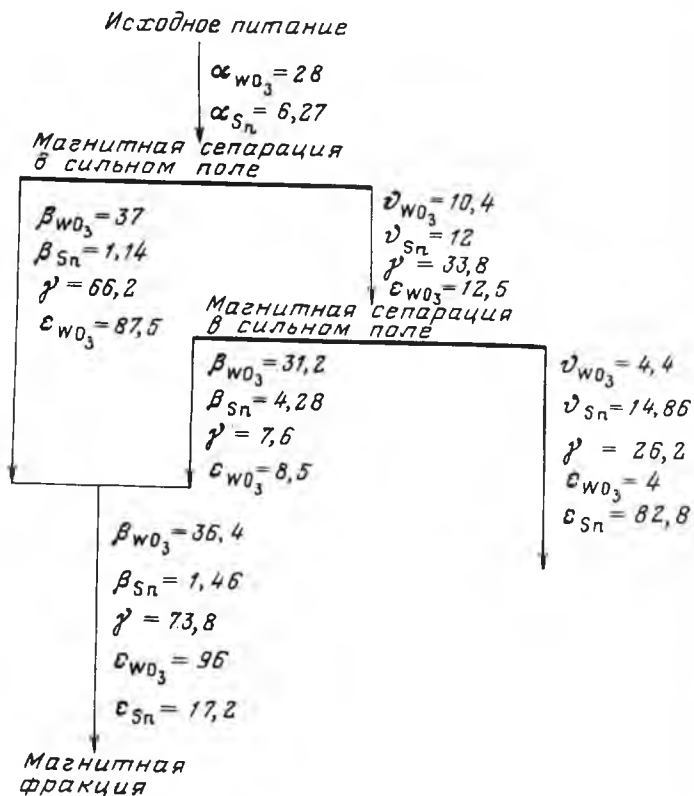


Рис. 10. Схема высокоинтенсивного магнитного обогащения вольфрамowo-оловянных шламов

Приведенные схемы характеризуют область наиболее широкого применения магнитных сепараторов. Кроме этого, метод магнитного обогащения используется для регенерации суспензий и очистки сырья от железосодержащих примесей, при переработке апатитовых концентратов и сырья для производства оптического стекла, фарфора и т. д.

Глава II МАГНИТНЫЕ СЕПАРАТОРЫ

§ 5. КЛАССИФИКАЦИЯ МАГНИТНЫХ СЕПАРАТОРОВ

Аппараты, в которых обогащение полезных ископаемых осуществляется под действием магнитного поля, называют *магнитными сепараторами*.

Все магнитные сепараторы состоят из следующих основных узлов: магнитной (электромагнитной) системы; устройства для выведения магнитного продукта из зоны действия магнитного поля, питателя для подачи исходного питания в рабочую зону, ванны, желобов для приема продуктов разделения, системы водоснабжения и вентиляции, привода, рамы и пускорегулировочной аппаратуры.

Важнейшая часть магнитного сепаратора – магнитная система, назначение которой создавать силу, достаточную для извлечения магнитных частиц из общей массы руды. Магнитную систему изготовляют из постоянных магнитов или из сердечников с обмоткой. Напряженность поля магнитных систем из постоянных магнитов современных барабанных сепараторов не превышает 140 кА/м.

Для создания более сильных магнитных полей служит электромагнитная система, состоящая из намагничивающих обмоток (катушек) с сердечниками и полюсными наконечниками, через которые магнитный поток подводится к рабочему зазору. Полюсные наконечники образуют одну из поверхностей рабочего зазора сепаратора и могут непосредственно соединяться через промежуточные элементы магнитопровода, называемые ярмом. Напряженность поля электромагнитных систем достигает 1600 кА/м.

Магнитную систему сепаратора характеризуют:

- тип системы (замкнутая или открытая);
- напряженность поля и его глубина;
- число полюсов и их шаг;
- расположение полюсов (плоскость, дуга) и их сочетание (плоский–плоский, плоский–клиновой и др.).

По характеру замыкания рабочего потока магнитные системы подразделяют на открытые, замкнутые (закрытые) и панцирного типа (рис. 11).

Открытая магнитная система – полюса расположены на одной линии (дуге) и замыкание магнитного потока происходит через большой воздушный зазор между полюсами.

Замкнутая магнитная система – полюса расположены друг против друга и замыкание магнитного потока происходит через сравнительно небольшой зазор между полюсами.

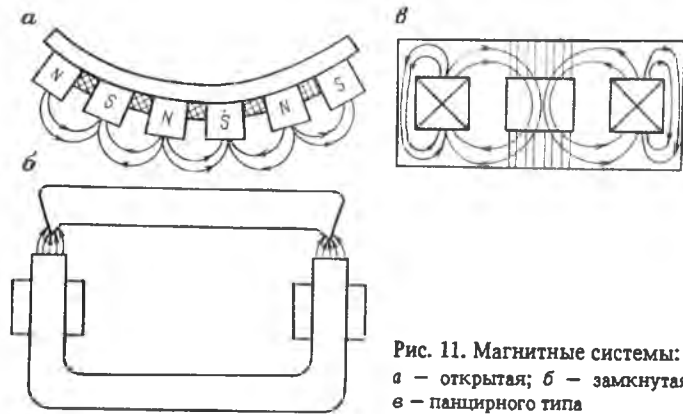


Рис. 11. Магнитные системы:
 а – открытая; б – замкнутая;
 в – панцирного типа

Магнитная система панцирного типа похожа на замкнутую магнитную систему, но имеет дополнительные экраны для снижения потоков рассеяния.

По числу полюсов магнитные системы сепараторов разделяют на двух-, трех- и многополюсные (число полюсов более 3).

На характеристику поля магнитной системы большое влияние оказывают шаг полюсов и форма полюсных наконечников.

Шаг полюса S_n – суммарная ширина полюса и зазора между соседними полюсами.

Действие поля магнитной системы сепаратора на частицу руды тем сильнее, чем больше магнитная восприимчивость частицы, напряженность поля и его неоднородность. Установлено, что чем меньше шаг полюсов, тем поле неоднороднее. С этой точки зрения желательно иметь системы с малым шагом полюсов. Однако в системах с малым шагом напряженность поля резко падает с удалением от полюсов, т.е. поле имеет малую глубину. При обогащении кусковой руды в поле малой глубины возможны потери рудных кусков из-за недостаточной силы поля в месте расположения этих кусков. Поэтому шаг полюсов многополюсных магнитных систем должен быть оптимальным, обеспечивающим достаточную неоднородность и глубину поля.

Шаг полюсов определяют по формулам:
 для полюсов, расположенных в одной плоскости,

$$S_n = \pi(d + 2\Delta);$$

для полюсов, расположенных по дуге,

$$S_n = [\pi R(d + 2\Delta)]/[R - (d + 2\Delta)],$$

где d – максимальный диаметр обогащаемых частиц; Δ – расстояние

от нижней грани частицы до плоскости полюсов; R – радиус магнитной системы.

Сила магнитного поля сепаратора направлена в сторону концентрации силовых линий. Поэтому в открытых магнитных системах магнитная сила направлена к каждому полюсу, а в замкнутых системах панцирного типа – к тому из полюсов, на котором концентрируются магнитные силовые линии. Исходя из этого, полюсные наконечники замкнутых магнитных систем изготавливают разной формы и сочетаний: плоский и плоский меньшей площади; плоский и клиновой, параболический и клиновой и др.

В замкнутых магнитных системах процесс обогащения происходит между полюсами (в межполюсном зазоре), в открытых магнитных системах – над или под полюсами.

Сепараторы с открытой магнитной системой применяют для обогащения сильномагнитных руд в слабом поле. Сепараторы с замкнутой и панцирной магнитными системами применяют для обогащения слабомагнитных руд в сильных магнитных полях.

Принципиальные схемы основных конструкций магнитных сепараторов показаны на рис. 12.

Устройства для выведения магнитного продукта из зоны действия магнитного поля выполняют в виде барабанов, валков, роликов, роторов и колец. Исходный материал может подаваться непосредственно на устройство для выведения магнитного продукта или под него. В зависимости от конструкции в магнитном сепараторе может быть одно или несколько устройств для выведения магнитного продукта из зоны действия магнитного поля, которые работают последовательно или параллельно.

Питатели для подачи исходного питания предназначены для равномерной подачи исходного питания по всей ширине рабочей зоны и выполняются в виде лотков, вращающихся барабанов и роликов. Для сбора и вывода продуктов обогащения применяют ванны, желоба, тетки и др.

Система водоснабжения применяется в сепараторах мокрого обогащения и служит для обеспечения нормальной разгрузки продуктов разделения. Она состоит из водозапорной арматуры и брызгал.

Для удаления пыли, образующейся в процессе сухого обогащения, применяется система вентиляции.

Привод сепаратора предназначен для приведения в движение устройства для выведения магнитного продукта из зоны действия магнитного поля и состоит из электродвигателя и редуктора.

Рама служит для крепления на ней узлов сепаратора.

Пускорегулирующая аппаратура используется для пуска и остановки сепаратора и регулировки режима его работы (для электро-

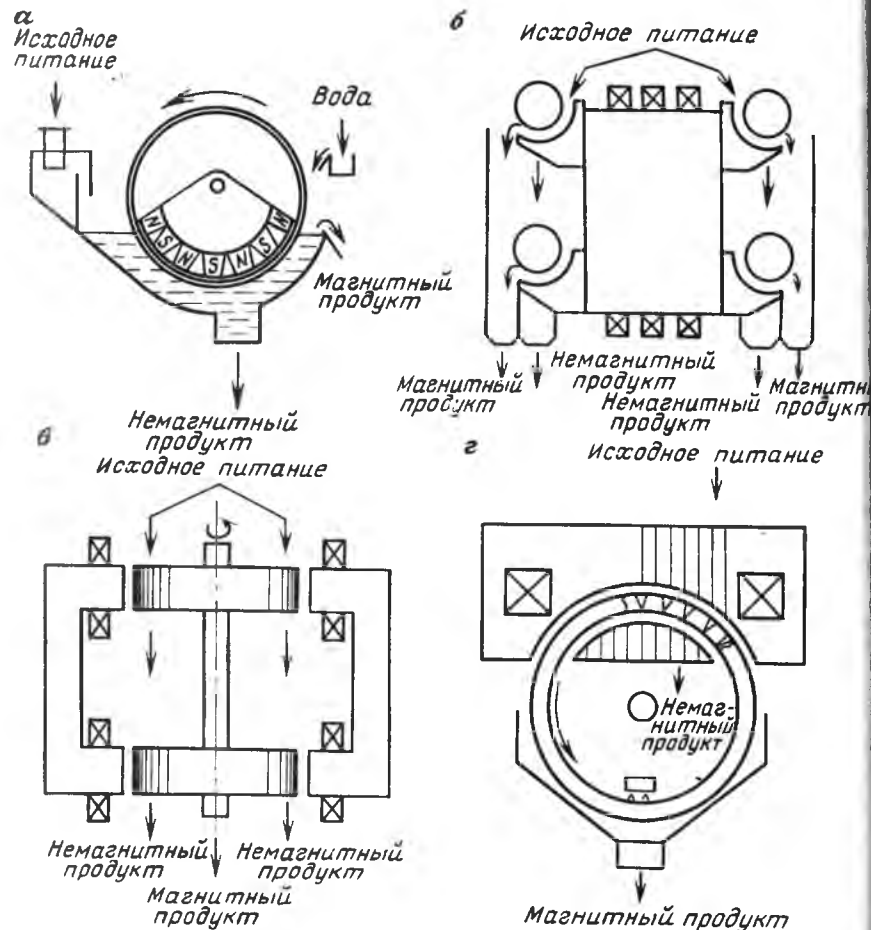


Рис. 12. Принципиальные схемы основных конструкций магнитных сепараторов: а — барабанный сепаратор с нижней подачей материала; б — электромагнитный валковый сепаратор; в — роторный высокоинтенсивный магнитный сепаратор; г — высокоинтенсивный сепаратор с магнитной системой панцирного типа

магнитных сепараторов), т.е. для изменения напряженности магнитного поля в рабочей зоне.

Некоторые конструкции магнитных сепараторов, применяемые для обогащения слабомагнитных руд, имеют в рабочей зоне концентраторы магнитного потока, которые называются феррозаклещателями и имеют форму шаров, пластин, сеток и т.д. (рис. 13).

Многообразие минеральных комплексов в рудах и требований к продуктам разделения, в частности магнитного обогащения, вызвало

Рис. 13. Феррозаклещатели, применяемые в высокоинтенсивных магнитных сепараторах:

а — рифленные пластины; б — решетка из клиновидных стержней; в — шары; г — просечно-вытяжная сетка; д — стержни различного размера и формы



необходимость создания большого числа магнитных сепараторов различных типоразмеров.

В.Г. Деркач и И.С. Дацюк использовали для классификации технологические признаки, разделив сепараторы на две основные группы: для *сильномагнитных* и *слабомагнитных* руд. Каждая из групп подразделялась на классы по признаку: для сухого и мокрого обогащения. Последние, в свою очередь, разделились по способу питания: на сепараторы с верхним, нижним и боковым питанием с уточнением системы удаления продуктов обогащения и характера изменения полярности полюсов.

В.И. Кармазин предложил классификацию сепараторов, характеризующую их по основным признакам: свойству разделяемых минералов, способу действия и характеру магнитного поля, а также по устройству магнитов и принципу действия механизмов.

В зависимости от конструктивных особенностей отдельных узлов, а также по технологическим и целевым признакам магнитные сепараторы классифицируют на следующие группы.

В зависимости от назначения и напряженности магнитного поля все магнитные сепараторы подразделяют на сепараторы *со слабым и сильным магнитным полем*.

В зависимости от характера среды, в которой непосредственно происходит разделение минералов, все магнитные сепараторы классифицируют на *сухие* (для обогащения полезных ископаемых в воздушной среде) и на *мокрые* (для обогащения в водной среде). Для обогащения полезных ископаемых крупностью от 3 до 50–100 мм

применяется сухое, мельче 3(6) мм – мокрое магнитное обогащение. При сухом магнитном обогащении тонкозернистых материалов происходит сильное пылеобразование, вследствие чего ухудшаются санитарно-гигиенические условия для обслуживающего персонала. Кроме того, сухое магнитное обогащение тонкозернистых материалов неэффективно вследствие слипания частиц, поэтому этот вид обогащения применяется лишь для особых условий, например при остром недостатке воды.

Отрицательная особенность мокрого магнитного обогащения – более высокое сопротивление водной среды по сравнению с воздушной. Водная среда оказывает сильное противодействие как продвижению магнитных частиц по направлению действия магнитной силы, так и продвижению немагнитных частиц под действием силы тяжести, что особенно влияет на разделение тонких частиц. В результате часть наиболее тонких частиц, особенно при мокром обогащении слабомагнитных руд, теряется с немагнитным продуктом. При мокром обогащении сильномагнитных руд отрицательное влияние сопротивления среды сказывается в меньшей степени благодаря явлению магнитной флокуляции. Под влиянием взаимного притяжения намагниченные тонкие частички сильномагнитных минералов образуют укрупненные агрегаты – флокулы.

Магнитные силы, действующие на крупные флокулы, во много раз превышают противодействующие механические силы, в результате чего извлечение тонких магнитных частиц в магнитный продукт повышается. При мокром магнитном обогащении слабомагнитных руд магнитной флокуляции не наблюдается и тонкие магнитные частицы оказываются под воздействием соизмеримых по величине магнитных и противодействующих им механических сил, что приводит к значительным их потерям с немагнитным продуктом.

В зависимости от типа устройства для транспортирования магнитного продукта из зоны действия магнитного поля различают барабанные, валковые, роликовые, роторные, кольцевые и другие сепараторы.

Барабанные, валковые и роликовые сепараторы могут быть с верхней и нижней подачей обогащаемого материала. Барабанные и валковые сепараторы применяют для обогащения сильномагнитных руд; валковые, роликовые, роторные и кольцевые – для слабомагнитных руд.

Мокрые барабанные сепараторы в зависимости от направления движения пульпы в ванне сепаратора и вращения барабана подразделяют на прямоточные, противоточные и полупротивоточные.

В СССР магнитные сепараторы выпускают двух типов: Э – электромагнитные и П – с постоянными магнитами. Изготавливают их в следующих исполнениях: БМ – барабанные для мокрого обогащения и извле-

чения металлического железа; БС – барабанные для сухого обогащения; БСЦ – то же, работающие в центробежном режиме; ВМ – валковые для мокрого обогащения; ВС – валковые для сухого обогащения с нижним питанием; СВ – то же, с верхним питанием; РМ – роторные для мокрого обогащения.

Главный признак классификации – напряженность магнитного поля. Остальные параметры определяют способность сепараторов производить разделение материалов заданной различной крупности и назначения. Так, кусковые и зернистые фракции минералов, которые не слипаются и не пылят при обработке, разделяют в сухих сепараторах с верхней подачей (материал поступает на поверхность магнитов, где удерживается и отклоняется магнитная фракция). Эти особенности отмечают буквой С (сухие).

Для мелкозернистых и илистых материалов применяют сепараторы, работающие мокрым способом, т.е. производящие разделение в водной пленке или слое (отмечают буквой М – мокрые).

Выбор направления движения продуктов зависит от содержания тонких фракций и определяет тип ванн:

прямоточный – при малом содержании тонких фракций (обычно до 25 % – 50 мкм);

противоточный – при большем содержании тонких фракций, обозначается буквой П;

полупротивоточный – при содержании тонких фракций 90 % менее 50 мкм, обозначается буквами ПП.

Помимо приведенных основных обозначений встречаются и другие, например: ПЦ – сепаратор с противоточной циркуляционной ванной, ППЦ – с полупротивоточной циркуляционной ванной, Ц – работающий в центробежном режиме (высокая частота вращения барабана).

Цифры перед буквами обозначают число барабанов, валков и т.д. Последние цифры указывают на диаметр и длину устройства для выведения магнитного продукта (барабана, валка и т.д.).

Например: ПБМ-ПП-90/250 – барабанный сепаратор с постоянными магнитами с полупротивоточной ванной, диаметр барабана 900 мм, длина 2500 мм для мокрого обогащения;

ЭВМ-38/250 – электромагнитный мокрый валковый сепаратор с четырьмя валками диаметром 380 мм и рабочей длиной 2500 мм;

ЭРМ-20/160 – электромагнитный роторный сепаратор для мокрого обогащения слабомагнитных руд и нерудных материалов, четыре рабочие зоны, площадь рабочей зоны 0,2 м², диаметр ротора 1600 мм;

ЭКМФ-600 – электромагнитный кольцевой мокрый фильтрующий сепаратор, диаметр кольца 6000 мм.

§ 6. ПРИНЦИП РАБОТЫ МАГНИТНЫХ СЕПАРАТОРОВ

Работа магнитных сепараторов основана на извлечении, удержании или отклонении магнитных частиц под действием магнитного поля, в связи с этим различают три способа разделения (рис. 14).

Все сепараторы работают следующим образом. Исходное питание при помощи питающих устройств поступает в рабочую зону сепаратора, где за счет неоднородности магнитного поля создается направленная магнитная сила, действующая на частицы, обладающие магнитными свойствами.

Магнитная сила направлена в сторону устройства для выведения магнитного продукта из зоны действия магнитного поля (барабан, ролик, валок) или феррозполнителя (в роторе и кольце).

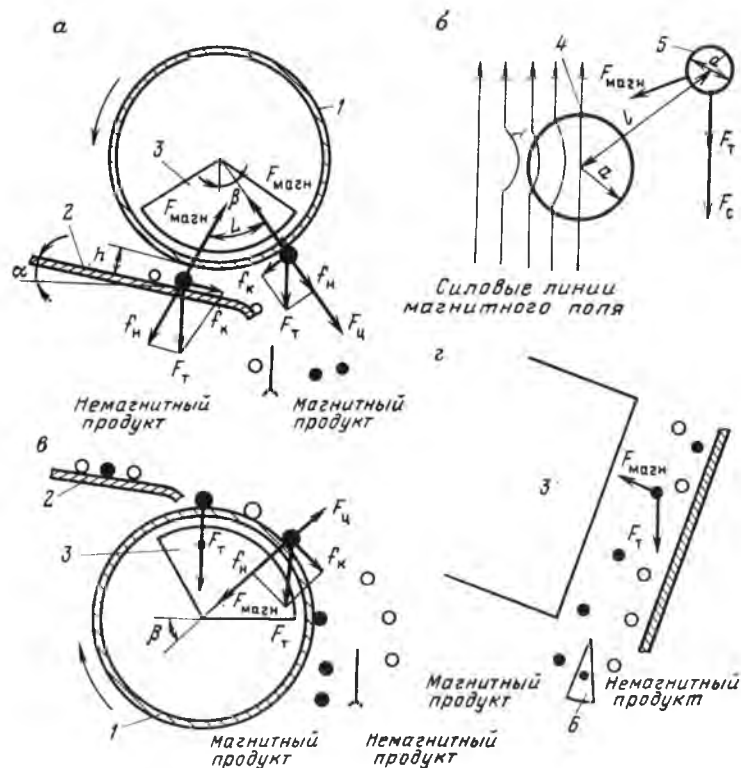


Рис. 14. Способы разделения частиц в магнитном поле:

а, б — извлечение магнитных частиц; в — удержание магнитных частиц; г — отклонение магнитных частиц; 1 — барабан; 2 — лоток; 3 — магнитная система; 4 — стержень; 5 — частица; б — делитель

Магнитные частицы под действием магнитной силы закрепляются на барабане (валке, ролике) или феррозполнителе, а немагнитные разгружаются в соответствующие желоба и выводятся из сепаратора. Магнитные частицы разгружаются с барабана (валка, ролика, ротора, кольца) после выведения их из зоны действия магнитного поля.

На частицу, помещенную в магнитное поле, действуют следующие основные силы:

магнитная сила

$$F_{\text{магн}} = \mu_0 \chi H \text{grad} H;$$

сила сопротивления среды

$$F_c = 18\mu v_x / (\delta d^2),$$

где μ — вязкость среды; v_x — скорость движения частиц в направлении

$F_{\text{магн}}$; δ — плотность частицы; d — диаметр частицы;

сила тяжести

$$F_T = g,$$

где g — ускорение свободного падения.

Сила тяжести имеет две составляющие: нормальную

$$f_H = g \cos \alpha$$

и касательную

$$f_K = g \sin \alpha,$$

где α — угол, определяющий положение частицы на барабане.

Кроме них, в зависимости от условий магнитного обогащения на частицу могут действовать:

центробежная сила

$$F_{\text{ц}} = v^2 / R,$$

где v — окружная скорость барабана (валка, ролика); R — радиус барабана (валка, ролика);

сила сцепления

$$F_{\text{сц}} = A \lambda d \sigma,$$

где A — коэффициент, учитывающий площадь соприкосновения частиц друг с другом, наличие влаги и др.; σ — поверхностное натяжение частиц на границе их раздела с окружающей средой.

Сопротивление сил поверхностного натяжения на границе жидкость — воздух

$$F_H = 36 \cos^2 (\Theta/2) / (r^2 \sigma),$$

где θ – краевой угол смачивания данной жидкости; r – радиус частицы

Силы $F_T, F_C, F_{сц}, F_H$ являются составляющими механической силы $F_{мех}$. Основной механической силой, действующей на частицы, является сила тяжести F_T . Но с уменьшением крупности частиц сила сопротивления среды F_C растет, а сила тяжести F_T уменьшается и для частиц микронной крупности возможно состояние, когда $F_C > F_T$.

Для магнитного обогащения необходимо выполнение условий, при которых $F_{магн} > F_{мех}$.

Рассмотрим условия магнитного обогащения при различных способах разделения. Способ разделения, основанный на извлечении магнитных частиц, является наиболее распространенным.

Задача *обогащения извлечением* (см. рис. 14, а) заключается в том, чтобы магнитные частицы, проходя рабочую зону L , изменили свою траекторию, сместились на расстояние h и осели на барабане. При этом они отделяются от немагнитных частиц и выделяются отдельным продуктом.

Магнитные частицы могут двигаться перпендикулярно к наклонной плоскости при условии, что $F_{магн} > f_H$. Разность $F_T = F_{магн} - f_H$ определяет собой ускорение нормального к наклонной плоскости движения частицы.

Время t_1 , за которое магнитная частица проходит через рабочую зону, и длина рабочей зоны L связаны между собой равенством

$$L = 0,5gt_1 \sin \alpha + v_0 t_1,$$

где v_0 – начальная скорость движения частицы вниз по наклонной плоскости в момент ее поступления в рабочую зону.

Это время должно быть больше или равно t_2 – времени прохождения частицей под действием силы F_1 расстояния h . Из этого

$$F_{магн} = g \cos \alpha + F_1. \quad (7)$$

При $F_1 = \text{const}$ частицы будут двигаться равномерно ускорению и можно записать, что

$$h = 0,5F_1 t_2^2.$$

Силу F_1 , необходимую для отделения магнитных частиц от немагнитных, можно записать в виде

$$F_1 \geq \frac{h}{L^2} (v_0^2 + Lg \sin \alpha + v_0 \sqrt{v_0^2 + 2Lg \sin \alpha}). \quad (8)$$

После подстановки F_1 из уравнения (8) в равенство (7) получим

$$F_{магн} \geq g \cos \alpha + \frac{h}{L^2} (v_0^2 + Lg \sin \alpha + v_0 \sqrt{v_0^2 + 2Lg \sin \alpha}). \quad (9)$$

Если магнитные частицы движутся горизонтально ($\alpha = 0$), то

$$F_{магн} \geq g + 2hv_0^2/L^2. \quad (10)$$

При вертикальном движении магнитных частиц через рабочую зону и начальной скорости $v_0 = 0$ имеем

$$F_{магн} \geq hg/L. \quad (11)$$

Как видно из формулы (11), на магнитную силу влияют длина рабочей зоны и ширина рабочего зазора. При таком способе перемещения необходим минимум магнитной силы для извлечения магнитных частиц из потока пульпы. Этот принцип положен в основу высокоинтенсивного магнитного обогащения.

Полученная сила $F_{магн}$ [см. формулы (9), (10)] характеризует движение частиц на прямолинейном участке, где магнитные частицы поднимаются к барабану и закрепляются на нем. Второй участок – криволинейного движения предназначен для транспортирования магнитных частиц валком или барабаном к месту разгрузки.

Магнитную силу, необходимую для удержания и транспортирования магнитных частиц, определим из выражения

$$F_{магн} \geq F_{ц} + f_H = v^2/R + g \cos \beta,$$

т.е. при таком способе разделения необходимо обеспечить силу для извлечения магнитных частиц из потока F_1 и силу F_2 для удержания их на поверхности барабана и транспортирования к месту разгрузки.

Метод высокоинтенсивного магнитного обогащения основан на протекании пульпы через слой феррозакрепителя, который в магнитном поле намагничивается и создает в рабочем объеме градиент на порядок выше, чем внешнее (намагничивающее) поле. Это позволяет иметь в рабочей зоне магнитную силу, достаточную для извлечения магнитных частиц со слабыми магнитными свойствами.

Пример взаимодействия элемента феррозакрепителя (в виде стержня) и магнитной частицы приведен на рис. 14, б. На магнитную частицу диаметром d , помещенную в магнитное поле H , в направлении стержня действует притягивающая сила

$$F_{магн} = VM \text{grad} H,$$

где V – объем частицы ($V = \pi d^3/6$); M – намагниченность вещества в объеме частицы; $\text{grad} H$ – градиент поля в пределах частицы.

Намагниченность M представляет собой произведение H и χ_0 (напряженности и объемной магнитной восприимчивости).

Градиент поля $\text{grad} H$ определяют по формуле

$$\text{grad} H = B_0 a^2 / l^2,$$

где B_0 – индукция магнитного поля; a – радиус стержня; l – расстояние от центра зерна к центру стержня.

Кроме этого, на частицу действуют: сила тяжести F_T , сила сопротивления среды F_c и эффекты между частицами, такие, как электрическое притяжение (отталкивание), столкновение и магнитное притяжение (отталкивание).

Сила тяжести оказывает влияние на траекторию частицы при ее крупности до 50 мкм. Ниже этого значения преобладающей является сила сопротивления среды.

Захват магнитной частицы в высокоинтенсивном магнитном сепараторе будет зависеть от соотношения магнитной и противодействующей ей сил тяжести и сопротивления среды:

$$F_{\text{магн}} \geq F_T + F_c = (g + 18\mu v_x)/(\delta d^2) -$$

для частиц крупностью более 50 мкм;

$$F_{\text{магн}} \geq F_c = 18\mu v_x/(\delta d^2) -$$

для частиц крупностью менее 50 мкм.

Пример этого соотношения для частиц крупностью 20–0 мкм приведен на рис. 15. Видно, что магнитной силы достаточно для извлечения магнитных частиц в пределах 3,5 мкм. Ниже этого предела сила сопротивления среды движению частиц в направлении стержня очень велика и магнитной силы недостаточно для их извлечения.

Способ разделения отклонением магнитных частиц (см. рис. 14, а) широко применяется при сухом магнитном обогащении. Задача данного способа – удержать магнитные частицы на поверхности барабана до того, как с него сбросятся под действием центробежной силы $F_{\text{ц}}$ немагнитные частицы, т.е.

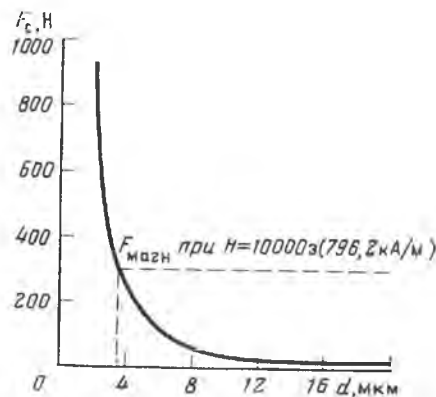


Рис. 15. Соотношение между $F_{\text{магн}}$ и F_c при обогащении материала крупностью 20–0 мкм

$$F_{\text{магн}} \geq F_{\text{ц}} + f_k.$$

Кроме этих сил, при сухом магнитном обогащении появляется действие силы молекулярного притяжения между частицами $F_{\text{цц}}$, особенно тонкими.

По В.Г. Деркачу:

$$F_{\text{цц}} = 4\pi A r_1 r_2 \sigma / (r_1 + r_2),$$

где A – коэффициент, учитывающий площадь соприкосновения частиц друг с другом, наличие влаги и др.; r_1 и r_2 – радиусы частиц.

Если частицы имеют одинаковый размер, то

$$F_{\text{цц}} = \pi A d \sigma.$$

При соприкосновении магнитной и немагнитной частиц есть вероятность попадания последней в магнитный продукт. Это возможно при условии, что сила сцепления будет больше силы тяжести немагнитной частицы, т.е.

$$F_{\text{цц}} = \pi A d \sigma > F_T = \pi d^3 g \delta / 6.$$

Исходя из этого, можно определить критический диаметр частицы, при котором сила сцепления не превышает силу тяжести

$$d \leq \sqrt{6A\sigma/(g\delta)}.$$

Магнитные частицы диаметром меньше критического притягиваются к полюсам сепаратора агрегатами, захватывая с собой и немагнитные. При этом сильно нарушается процесс разделения.

Способ разделения отклонением магнитных частиц (см. рис. 14, б) применяется для зернистых минералов с большой разницей в магнитных свойствах. При прямолинейной подаче пульпы и небольшой ее скорости в рабочей зоне сепаратора под действием магнитных сил происходит перераспределение материала. Магнитные частицы отклоняются в сторону действия магнитных сил $F_{\text{магн}}$, а немагнитные движутся под действием силы тяжести F_T . В результате образуются два слоя, различающихся по магнитным свойствам: у магнитной системы – магнитные, у боковой стенки – немагнитные частицы.

Магнитная сила, достаточная для отклонения магнитных частиц, определяется по формуле (11).

В нижней части расположен делитель для отдельного вывода магнитного и немагнитного продуктов. Особенность данного способа разделения – большая зависимость процесса от угла поворота делителя. Даже небольшое смещение положения делителя относительно слоев значительно влияет на результаты разделения минералов, что приводит к неустойчивости показателей обогащения.

§ 7. МАГНИТНЫЕ СЕПАРАТОРЫ ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ СИЛЬНОМАГНИТНЫХ РУД

Магнитная восприимчивость подлежащих извлечению в магнитный продукт частиц руды определяет выбор напряженности поля магнитного сепаратора. По этому признаку, как уже отмечалось, все сепараторы делят на две группы: 1) сепараторы с магнитными системами, создающими слабое магнитное поле, напряженность которого меньше 140 кА/м, 2) сепараторы с сильным полем до 1600 кА/м.

Магнитные сепараторы, являющиеся одним из основных видов обогатительного оборудования, состоят из следующих основных узлов:

магнитной системы из стальных сердечников с обмотками, питаемыми постоянным током, или постоянных магнитов;

питателя или питающего короба для подачи материала в рабочую зону сепаратора;

рабочего органа, т.е. устройства для извлечения магнитных частиц и их удаления из рабочей зоны; таких устройств в одном сепараторе может быть несколько;

короба или ванны в зависимости от среды, в которой происходит разделение;

пульты управления с пускорегулирующими и контрольно-измерительными устройствами, который крепится на раме или монтируется отдельно.

Для магнитного обогащения различных полезных ископаемых разработано большое число сепараторов, отличающихся принципом работы и конструктивными особенностями.

Ниже приведено краткое описание тех сепараторов, которые в настоящее время эксплуатируются на горно-обогатительных комбинатах и выпускаются отечественной промышленностью.

Магнитное поле магнитных сепараторов создается электромагнитными системами с обмотками, питаемыми постоянным током, или магнитными системами из постоянных магнитов. В последние годы в обогащении сильномагнитных руд преимущественно используют магнитные сепараторы с постоянными магнитами. Применение постоянных магнитов позволяет упростить конструкцию сепаратора и облегчить его эксплуатацию. При этом упрощаются электрические сети фабрик, уменьшается число аппаратуры управления сепараторами, исключаются преобразователи переменного тока в постоянный. Но наряду с этим исключается возможность регулирования напряженности магнитного поля, что ограничивает возможности управления технологическим процессом.

В зависимости от среды, в которой осуществляется разделение материалов, сепараторы делят на машины для сухого или мокрого обогащения.

Магнитные сепараторы для сухого обогащения. Сухие магнитные и электромагнитные сепараторы применяют для обогащения материала крупностью 75–0; 25–0 и 15–0 мм с целью выделения и сброса в отвал или использования в качестве строительного материала части раскрытой пустой породы перед последующими энергоемкими операциями измельчения. Обогащение на сухих сепараторах применяется также для стадийного выделения из руд части богатого крупнозернистого концентрата.

Основное оборудование для сухого обогащения, применяемое в настоящее время, – сепараторы 4ПБС-63/250, ЭБС-80/170, 2ПБС-90/250 и ПБС-90/250.

Сепаратор 4ПБС-63/200: разработчики – Уралмеханобр и Гипромашуглеобогащение. Изготовитель – ПО "Рудгормаш" (г. Воронеж).

Магнитный сепаратор 4ПБС-63/200 (189-СЭ) с верхним питанием предназначен для сухого обогащения крупнокусковой магнетитовой руды. Технические характеристики сепаратора 4ПБС-63/200 приведены в табл. 2.

Таблица 2

Технические характеристики сепараторов для сухого обогащения сильномагнитных руд

Параметры	4ПБС-63/200	ЭБС-80/170	2ПБС-90/250
Производительность, т/ч	400	100	500
Диаметр рабочей части барабана, м	0,63	0,8	0,9
Длина барабана (включая реборды), м	2	1,7	2,5
Число барабанов	4	1	2
Крупность обогащаемой руды, мм, не более	50	15	25
Напряженность магнитного поля на поверхности барабана, кА/м, не менее:			
верхних	80	150	80
нижних	110	—	110
Частота вращения барабанов, мин ⁻¹ :			
верхних	49–102	34	60
нижних	31–49	—	22
Номинальная мощность электроприводов барабанов, кВт	7,6	3	4
Габаритные размеры, м, не более:			
длина (вдоль оси барабана)	3	3,1	3,5
ширина	3	2,1	3,5
высота	2,8	2,3	3,2
Масса (без пускорегулирующей аппаратуры), т, не более	10,5	5,1	8,3

Магнитный сепаратор 4ПБС-63/200 (рис. 16) состоит из следующих основных узлов: приемного короба 15, съемной рамки 14, распределителя питания 13, кривошипно-шатунного механизма 12, двух верхних 11 и двух нижних 9 барабанов, заслонок 7, скребков 6, приводов барабанов 4 и люков 2.

Все узлы сепаратора смонтированы на сварном корпусе, состоящем из верхней, средней и нижней частей. Каждая часть корпуса представляет собой сварную бескаркасную конструкцию из стального листа, усиленную ребрами из профильного проката и косынками.

Основные рабочие органы сепаратора – барабаны с расположенными внутри них магнитными системами 8 и 10. Каждый из барабанов представляет собой тонкостенный цилиндр из немагнитного материала

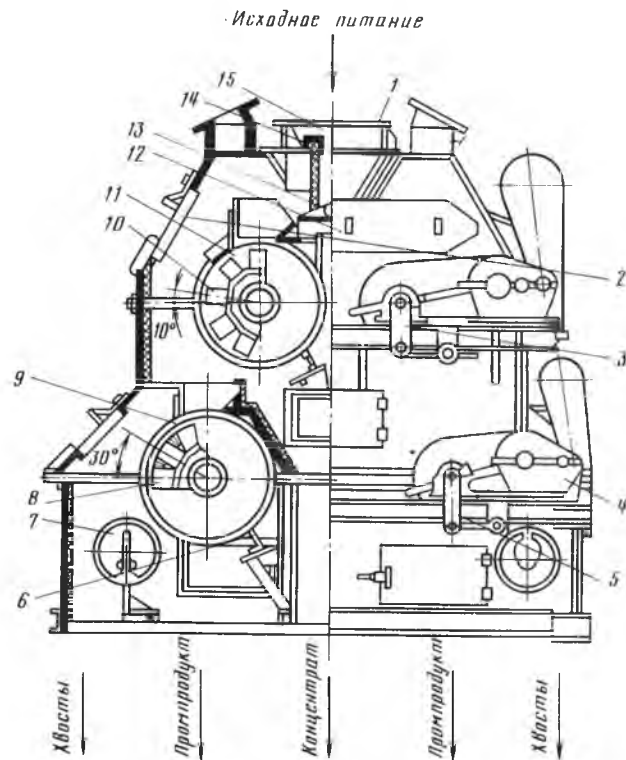


Рис. 16. Барабанный магнитный сепаратор 4ПБС-63/200:

1 – фланец; 2 – люки; 3, 5 – поворотные устройства; 4 – привод барабанов; 6 – скребки; 7 – заслонки; 8, 10 – магнитные системы; 9, 11 – соответственно нижние и верхние барабаны; 12 – кривошипно-шатунный механизм; 13 – распределитель питания; 14 – съемная рамка; 15 – приемный короб

диаметром 60 мм и длиной 2000 мм с двумя крышками. Барабан вращается на шарикоподшипниках, установленных на неподвижной оси. Наружная поверхность барабанов зафутерована резиной, внутренняя полость барабанов предохраняется от попадания пыли специальным уплотнением.

Магнитные системы барабанов развернуты относительно оси: на 10° для верхних барабанов и на 30° для нижних – в сторону разгрузки.

Оптимальное положение магнитных систем определяется при налаживании технологического процесса и последующей эксплуатации путем поворота оси магнитной системы поворотным устройством 3 или 5, снабженным специальным указателем.

Приемный короб сепаратора представляет собой сварную конструкцию, внутри которой установлена съемная рамка с резиновыми фартуками.

Короб крепится к верхнему корпусу сепаратора нижним и боковыми фланцами. В верхней части короба имеется фланец 1 для присоединения питающего устройства. Распределитель питания сепаратора, расположенный в верхнем корпусе над барабанами, служит для равномерного распределения руды на правый и левый верхние барабаны.

Колебание площадки распределителя осуществляется посредством кривошипно-шатунного механизма, приводимого в движение от цепной передачи привода правого верхнего барабана.

Каждый барабан имеет отдельный привод, состоящий из электродвигателя, клиноременной передачи, цилиндрического редуктора и цепной передачи. Сменными шкивами производится регулирование частоты вращения барабанов.

Исходная руда, транспортируемая в приемный короб специальным питателем, попадает на колеблющуюся площадку распределителя, с которой через соответствующие приемные воронки поступает на два верхних приемных барабана. Под действием магнитного поля высокомагнитные куски руды притягиваются к вращающимся барабанам и выносятся за пределы действия магнитного поля, где они отрываются от барабанов и попадают в разгрузочные воронки.

Немагнитные куски руды, а также сростки магнитных и немагнитных частиц, которые не притянулись магнитной системой к поверхности барабана, поступают в воронки и далее на нижние барабаны.

Под действием магнитного поля повышенной напряженности нижних барабанов промпродукт притягивается к поверхности барабанов и выносится за пределы магнитного поля, где он отрывается от барабанов и попадает в зону разгрузки промпродукта. Немагнитные куски руды попадают с барабанов в зону разгрузки хвостов.

Получение богатого магнитного концентрата с верхних барабанов при максимально возможной производительности сепаратора обеспечивается выбором оптимальной частоты вращения барабанов.

Получение бедных хвостов обеспечивается выбором оптимальной частоты вращения барабанов и установкой заслонок, отсекающих в виде обогащаемого материала промпродукт.

Сепаратор ЭБС-80/170: разработчик – Гипромашуглеобогащение. Изготовитель – Ворошиловградский завод угольного машиностроения им. Пархоменко.

Электромагнитный барабанный сепаратор ЭБС-80/170 (рис. 17) предназначен для сухого обогащения мелкодробленой магнетитовой руды крупностью 15 (8) – 0 мм, влажностью до 4 %. Техническая характеристика сепаратора ЭБС-80/170 приведена в табл. 2.

Производительность сепаратора ЭБС-80/170 в значительной степени определяется свойствами руды и колеблется в широких пределах при обогащении руд различных месторождений.

Электромагнитный сепаратор ЭБС-80/170 состоит из следующих основных частей: барабана 1, электромагнитной системы 2, вибропитателя 11, корпуса 9, привода 14, бункера 7 с шибером 6 и маслобака 5. Маслобак соединен с барабаном маслопроводом.

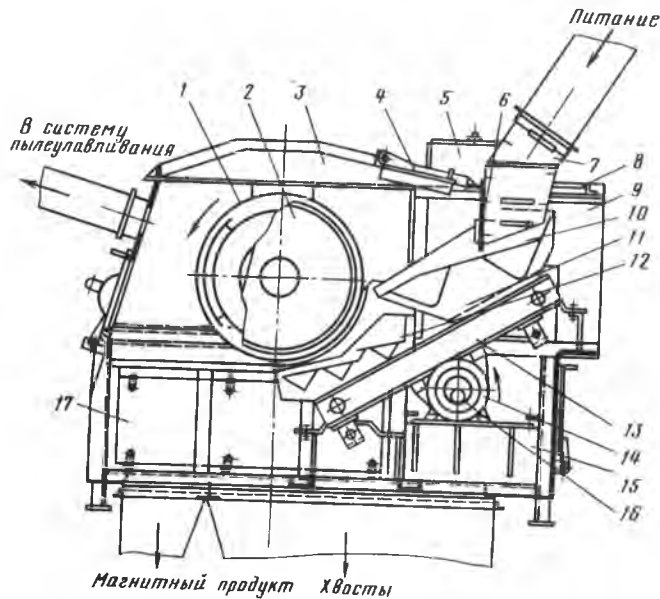


Рис. 17. Электромагнитный барабанный сепаратор ЭБС-80/170: 1 – барабан; 2 – электромагнитная система; 3 – крышка; 4, 17 – люки; 5 – маслобак; 6 – шибер; 7 – бункер; 8 – крышка; 9 – корпус; 10 – верхний лоток; 11 – вибропитатель; 12 – нижний лоток; 13 – рама; 14 – электродвигатель; 15 – кронштейн; 16 – вибровозбудитель

Корпус 9 сверху закрыт крышкой 3 с люком 4, кроме того, корпус имеет люки 17. Электродвигатель 14 установлен на кронштейне 15 и соединен с вибропитателем муфтой.

Из бункера 7 питание поступает на вибропитатель через щель, образованную шибером и вибропитателем. Шибер может перемещаться в вертикальной плоскости, что позволяет регулировать высоту зазора между бункером и вибропитателем. Высота зазора определяет толщину слоя руды, подаваемой вибропитателем к барабану. На бункере для осмотра установлены две крышки 8. На внутренней поверхности бункера наварены в горизонтальной плоскости полосы, которые позволяют осуществить самофутеровку бункера.

Вибропитатель предназначен для подачи руды к электромагнитному барабану и под него. Вибропитатель состоит из верхнего лотка 10, который служит для равномерного распределения и подачи руды к барабану, нижнего лотка 12 – для подачи руды под барабан.

Лотки закреплены на раме 13 высокопрочными болтами. К боковинам нижнего лотка крепят уплотнения, выполненные из конвейерной ленты толщиной 9 мм и предназначенные для исключения просыпания руды при подаче ее под барабан. Снизу к раме высокопрочными болтами крепят вибровозбудитель 16, который сообщает лоткам колебания, необходимые для транспортирования руды. Вибровозбудитель представляет собой вал с эксцентричной нижней частью, вращающийся в подшипниках, которые закреплены в корпусах. Вал расположен внутри трубы, соединяющей корпуса подшипников.

Вибропитатель закреплен в корпусе сепаратора наклонно на четырех подвесках. Каждая подвеска состоит из цапфы, оси, тяги, пружины и опоры. Угол наклона вибропитателя 30°. В конструкции сепаратора предусмотрена возможность регулировки угла наклона вибропитателя и зазора между барабаном и нижним лотком с помощью тяг; регулировка зазора между верхним лотком и барабаном осуществляется перемещением лотка по раме 13.

Электромагнитный барабан предназначен для создания электромагнитного поля, извлечения магнитного продукта из потока руды и транспортировки руды в зону разгрузки. Барабан состоит из электромагнитной системы 2, кожуха, крышек, коробки выводов, системы уплотнения подшипникового узла со стороны коробки выводов, кронштейна поворота магнитной системы. Барабан заполнен трансформаторным маслом, предназначенным для отвода тепла от катушек во время работы сепаратора.

Электромагнитная система состоит из катушки и полюсов, расположенных на оси.

Кожух представляет собой сварную герметичную конструкцию обечайки из нержавеющей немагнитной стали с фланцами. Наружная

поверхность обечайки покрыта футеровочными листами из нержавеющей немагнитной стали толщиной 6 мм.

С помощью кронштейна производится фиксированный поворот электромагнитной системы в рабочее положение.

Система уплотнения подшипникового узла предназначена для предотвращения вытекания масла из барабанов, а также попадания пыли и грязи в барабан. Она состоит из манжет, втулки и стаканов, образующих лабиринтный зазор, который заполняется смазкой.

Привод барабана состоит из кронштейна 15 и закрепленных на нем редуктора и электродвигателя 14.

Маслобак 5 предназначен для указания уровня масла в барабане в холодном состоянии и снижения давления внутри барабана во время работы сепаратора.

Корпус 9 с крышкой 3, бункером 7 и люками 4 и 17 предназначен для защиты окружающей среды от пыли. На корпусе смонтированы барабан, вибропитатель и кронштейн привода вибропитателя. В передней части корпуса имеет патрубок для присоединения к системе пылеулавливания, в нижней – фланец для присоединения бункера продукта и хвостов.

Выпрямительная станция предназначена для питания катушек электромагнитной системы выпрямленным регулируемым напряжением.

Принцип работы сепаратора основан на выделении из потока руды магнитных частиц при помощи электромагнитного поля и вращающегося барабана. Руда через бункер поступает на вибропитатель. Нагрузка по питанию регулируется шибером. Под действием силы, возникающей при вращении вала вибровозбудителя, лотки совершают колебательные движения в вертикальной плоскости. При колебаниях наклонных верхнего и нижнего лотков происходит транспортирование руды под вращающийся навстречу лотку барабан.

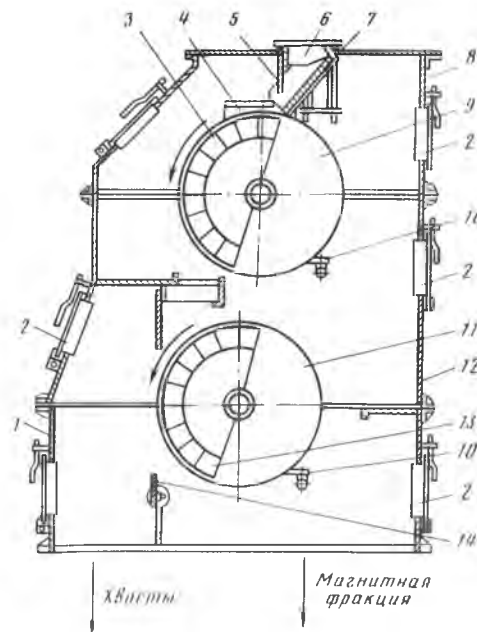
Под действием магнитного поля магнитные частицы притягиваются к поверхности барабана и транспортируются им по направлению вращения. Разгрузка происходит под действием центробежной силы, возникающей при вращении барабана в зоне отсутствия магнитного поля. Немагнитный продукт транспортируется под барабаном и разгружается с нижнего лотка вибродвигателя.

Сепаратор 2ПБС-90/250: разработчики – Уралмеханобр, Гипромашуглеобогащение. Изготовитель – ПО "Рудгормаш" (г. Воронеж).

Сепаратор 2ПБС-90/250 предназначен для сухого обогащения сильномагнитной руды крупностью 25–0 мм. Техническая характеристика сепаратора 2ПБС-90/250 приведена в табл. 2. Сепаратор (рис. 18) состоит из следующих основных частей: магнитных барабанов 9 и 11,

Рис. 18. Барабанный магнитный сепаратор 2ПБС-90/250:

1, 12 – соответственно верхний и нижний корпуса; 2 – смотровые люки; 3, 13 – магнитные системы; 4 – щитки; 5 – предохранительный фартук; 6 – загрузочная воронка; 7 – течка; 8 – кожух; 9, 11 – соответственно верхний и нижний барабаны; 10 – очистители; 14 – делитель



приводов, верхнего 1 и нижнего 12 корпусов, кожуха 8, делителя 14 и очистителей 10.

Принцип работы сепаратора основан на извлечении из потока обогащаемого материала магнитного продукта и удержании его на поверхности барабана при помощи магнитного поля, создаваемого магнитной системой.

Барабаны – основные рабочие органы сепаратора. Каждый из них представляет собой тонкостенный цилиндр из немагнитного материала диаметром 900 мм и длиной 2500 мм с двумя крышками, вращающийся на шарикоподшипниках, установленных на неподвижной оси.

Оси магнитных барабанов закреплены в разъемных опорах, установленных на верхнем и нижнем корпусах сепаратора. Обечайка барабана снаружи футерована листами из немагнитной нержавеющей стали. Внутри барабана на неподвижной оси закреплено ярмо магнитной системы, на котором установлены магнитные блоки из постоянных магнитов.

С целью обеспечения наилучших технологических показателей сепаратора на поверхности верхнего барабана создается напряженность магнитного поля не менее 80 кА/м, а на нижней – не менее 110 кА/м.

Магнитная система с помощью поворотного устройства, состоящего из рычага и винтовой пары, развернута примерно на 90° в сторону направления движения обогащаемого материала.

Внутри кожуха располагаются питающая течка 7, предохранительный фартук 5 и щитки 4, предотвращающие попадание руды между крышкой барабана и стенками корпуса. Снаружи кожуха располагается крышка с загрузочной воронкой 6 и фланцем для подсоединения к сепаратору внешней питающей течки или бункера, а также два патрубка для подсоединения сепаратора к аспирационной системе.

В кожухе и корпусах сепаратора предусмотрены десять люков 2, которые предназначены для осмотра сепаратора и доступа к съемным частям.

На верхнем и нижнем корпусах сепаратора располагаются приводы магнитных барабанов, делитель 14, очистители 10 и их исполнительные механизмы типа МЭО.

Приводы магнитных барабанов отличаются друг от друга только приводными звездочками. Они состоят из редуктора, электродвигателя и открытой цепной передачи между звездочками редуктора и магнитного барабана. Электродвигатель с редуктором соединен посредством упругой муфты.

Очиститель магнитного барабана состоит из штанги и сменных ножей. Он приводится в действие с помощью исполнительного механизма типа МЭО.

Сепаратор 2ПБС-90/250 работает следующим образом.

Магнетитовая руда через воронку поступает в течку 7 и под действием гравитационных сил самотеком направляется к верхнему барабану, вращающемуся в направлении движения потока руды. Верхний барабан 9 вращается с высокой частотой (60 мин^{-1}), которая обеспечивает центробежную силу, что позволяет распределить руду на барабане тонким слоем.

Сочетание пониженной напряженности магнитного поля на поверхности верхнего барабана (80 кА/м) и большой центробежной силы позволяет удалять из руды немагнитную фракцию и бедные сростки. При этом на барабане остается наиболее богатая часть, которая поступает в концентратное отделение сепаратора.

Отброшенная от верхнего барабана смесь немагнитной фракции и бедных сростков поступает на нижний барабан 11, где она делится на хвосты и промпродукт. Для получения минимальных потерь железа с хвостами нижний барабан выполнен с более высокой напряженностью магнитного поля на поверхности барабана (110 кА/м) и имеет более низкую частоту вращения (22 мин^{-1}), при которой центробежная сила в 5–6 раз ниже, чем на верхнем барабане.

При необходимости очистки поверхности барабана очиститель верхнего или нижнего барабана дистанционно приводится в действие.

После очистки барабана он с помощью исполнительного механизма отводится от барабана.

Изменение положения делителя осуществляется при помощи исполнительного механизма в зависимости от требуемых технологических показателей.

Кроме указанных сепараторов для обогащения мелкозернистой магнетитовой руды, получения высококачественных железных порошков и обезжелезнения различных материалов выпускается сепаратор ПБСЦ-63/50: разработчик – Гипромашобогатение. Изготовитель – ПО "Рудгормаш" (г. Воронеж).

Сепаратор имеет многополюсную магнитную систему с полюсами из ферритобариевых магнитов. Шаг полюсов системы 50 мм, частота вращения барабана 300 мин^{-1} , частота магнитного поля 90 Гц.

Испытания сепаратора ПБСЦ-65/50 показали, что при быстроходном режиме его работы происходит почти полное разрушение магнитных флокулов и наблюдается хорошее разделение свободных частиц сростков. На этом сепараторе выделяются отвалы хвосты, готовый концентрат и промежуточный продукт. Механобром и Гипромашобогатением разработаны быстроходные сепараторы ПБСЦ-63/100 и ПБСЦ-63/200 для сухого обогащения, аналогичные по конструкции сепаратору ПБСЦ-63/50, но имеющие большую длину барабана.

За рубежом выпускают быстроходные сепараторы двух типов – "Лаурилла" и "Мертселл". В сепараторе "Лаурилла" вращаются барабан и магнитная система, а концентрат разгружается при помощи специального съемника. Бегущее магнитное поле этого сепаратора эффективней, чем бегущее магнитное поле, создаваемое вращением одного барабана. Однако такой сепаратор сложен в изготовлении, так как требует точного изготовления магнитной системы и устранения вибраций. По этим причинам сепаратор "Лаурилла" не нашел широкого применения.

Сепаратор "Мертселл" выпускается фирмой "Сала" (Швеция) в одно-, двух- и трехбарабанном исполнении с регулируемой частотой вращения барабанов. Нижние барабаны служат для пересортировки продуктов обогащения, выделенных на верхнем барабане.

Фирма "Сала" производит быстроходные сепараторы с барабанами диаметром 600 мм различной длины (до 2000 мм). Шаг полюсов магнитной системы в зависимости от крупности обогащаемой руды составляет 25; 45 и 64 мм.

Сепаратор "Мертселл" является прототипом сепаратора ПБСЦ-63/50.

Магнитные сепараторы для мокрого обогащения. Для мокрого обогащения сильномагнитных руд, измельченных до крупности 6–0 мм, применяют барабанные магнитные сепараторы со слабым по-

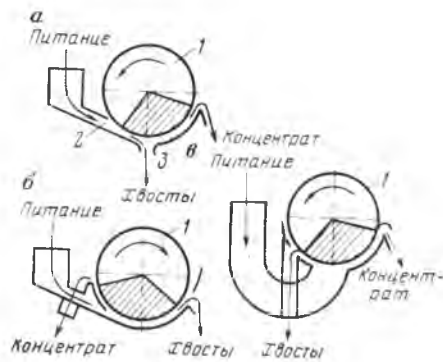


Рис. 19. Принципиальные схемы ванн:
 а — прямоточная; б — противоточная
 в — полупротивоточная; 1 — барабан
 2 — питающий лоток; 3 — концентратный лоток

лем с нижним питанием. Они имеют ванны трех типов: прямоточную, противоточную и полупротивоточную.

Сепараторы, оборудованные прямоточной ванной, называют прямоточными (рис. 19, а). В этих сепараторах обогащаемый материал, немагнитные частицы и барабан движутся в одном направлении, а магнитные частицы отклоняются от этого направления. Прямоточная ванна состоит из питающего и концентратного лотков. Разгрузка немагнитного продукта осуществляется в щель между этими лотками. Достоинство этой ванны — она применяется для обогащения материала крупностью 6–0 мм.

Недостатки прямоточных ванн:

1. Необходимость поддержания постоянного уровня в ванне при помощи специальных устройств: насадок, затворов. Эти устройства усложняют конструкцию сепаратора и затрудняют его эксплуатацию, требующую от обслуживающего персонала надзора за уровнем пульпы. Наличие насадок приводит к частой забивке разгрузочных отверстий и отвлекает машинистов от наблюдения за процессом обогащения, что сказывается на технологических показателях.

2. При магнитном обогащении тонкоизмельченных магнетитовых руд в сепараторах с прямоточными ваннами тонкие частицы руды не успевают притянуться к барабану за время движения к хвостовой щели и теряются в немагнитном продукте. Для тонких частиц великое сопротивление среды, тогда как магнитная сила мала для их извлечения. Поэтому, чтобы уменьшить потери магнитного железа с хвостами, необходимо применять перечистку хвостов либо увеличивать время пребывания пульпы в рабочей зоне сепаратора (за счет снижения производительности), либо применять для изготовления магнитной системы магниты с высокой энергией.

Сепараторы, оборудованные противоточной ванной, называют противоточными (рис. 19, б). В этих сепараторах обогащаемый материал и немагнитные частицы движутся в одном направлении,

магнитный продукт и барабан — в противоположном. В противоточной ванне отсутствуют специальные устройства для выпуска магнитного продукта (хвостов), что значительно упрощает конструкцию сепараторов. В этих ваннах немагнитный продукт разгружается через переливной порог, подбором высоты которого обеспечивают постоянное погружение барабана в пульпу, что облегчает надзор за их работой.

Принцип работы сепаратора с противоточной ванной следующий: исходную руду в виде пульпы по питающему лотку подают сбоку под барабан. Пульпа, ударяясь о порог на питающем лотке, направляется на барабан. Перемешивание пульпы при помощи порога способствует более равномерному распределению ее по крупности по высоте рабочего пространства сепаратора.

Магнитная часть пульпы притягивается к вращающемуся в противоположном направлении (по отношению к направлению движения пульпы) барабану и выносится им в концентратный отсек ванны. Из концентратного отсека магнитный продукт разгружается по патрубкам, которые проходят сквозь питающий лоток. Немагнитный продукт при движении к месту разгрузки встречает свободную от магнитных частиц поверхность барабана, что способствует получению бедных отвальных хвостов. В месте разгрузки немагнитный продукт разгружается путем свободного перелива через порог.

Применение противоточных ванн в сепараторах позволяет увеличить их производительность и получать бедные отвальные хвосты.

Кроме отмеченных достоинств противоточные ванны имеют и недостатки:

1. Противоточные ванны применяют при переработке материала крупностью 2–0 мм. Это объясняется тем, что при обогащении крупные нерудные частицы под действием силы тяжести осаждаются на дно ванны и перекрывают рабочий зазор.

2. Магнитный продукт сепараторов с противоточными ваннами беднее, чем в сепараторах с прямоточными ваннами, так как магнитный продукт засорен бедными сростками.

Сепараторы, оборудованные полупротивоточными ваннами, называют полупротивоточными (рис. 19, в); они сочетают в себе элементы прямоточных и противоточных ванн. В этих сепараторах обогащаемый материал подается под давлением снизу под барабан, а магнитный и немагнитный продукты движутся в противоположных направлениях. При подаче питания под барабан все частицы проходят в непосредственной близости от него. Поэтому путь притяжения магнитных частиц к барабану весьма мал. Потери мелких магнитных частиц в сепараторах с такими ваннами незначительны.

Немагнитный продукт в полупротивоточных ваннах движется против движения барабана, что способствует уменьшению содержания железа в нем, и разгружается в хвостовой отсек ванны и далее по

патрубкам, проходящим сквозь питающий лоток. Отсутствие специальных устройств при разгрузке немагнитного продукта упрощает конструкцию сепаратора и облегчает его обслуживание.

Наличие скрещивающихся потоков (питания и немагнитного потока) увеличивает вероятность попадания одного продукта в другой из-за несвоевременного обнаружения изношенных патрубков.

Принцип работы сепаратора с полупротивоточной ванной следующий: тонкоизмельченная руда в виде пульпы подается снизу под вращающийся барабан сепаратора. Магнитный продукт выносится вращающимся барабаном в концентратный желоб. Немагнитный продукт, двигаясь против вращающегося барабана, переливается через порог и разгружается в хвостовой отсек ванны.

Полупротивоточные ванны применяют для обогащения материала крупностью 0,2–0 мм. При обогащении более крупного материала происходит забивка рабочего пространства осевшими на дно ванны частицами.

При обогащении сильномагнитных мелко- или тонкоизмельченных продуктов наблюдается попадание в магнитный продукт значительной части тонких немагнитных частиц. Это вызвано образованием в постоянном магнитном поле сепаратора прядей из магнитных частиц, вытянутых в направлении силовых линий поля, в которые "запутываются" немагнитные частицы. Для уменьшения загрязнения магнитного продукта немагнитными частицами применяют магнитные системы с чередующейся (по ходу движения обогащаемого материала) полярностью. Пряди из магнитных частиц, проходя мимо полюсов разноименной полярности, меняют ориентацию и частично разрушаются, что способствует высвобождению из них немагнитных частиц.

Сепараторы с различными типами ванн, при прочих равных условиях, обеспечивают за один прием обогащения примерно одинаковое качество магнитного продукта. Для последовательного осуществления нескольких приемов обогащения с перемывкой магнитного продукта необходимо учитывать удобство компоновки сепараторов с различными ваннами. Конструктивные особенности прямооточных и полупротивоточных сепараторов позволяют компоновать их горизонтально. Компоновка противоточных сепараторов требует значительного перепада высот (до 1 м) между соседними сепараторами.

Противоточные сепараторы по сравнению с прямооточными и полупротивоточными имеют наибольший износ барабана и ванны.

Полупротивоточные сепараторы весьма чувствительны к изменениям производительности, крупности и плотности питания. Уменьшение производительности ниже допустимого предела, повышение крупности и плотности питания полупротивоточного сепаратора могут привести к его забивке.

Барабаны, ванны и некоторые другие детали магнитных сепараторов как для мокрого, так и для сухого обогащения должны быть немагнитными, но обладать механической прочностью и износостойкостью. Их изготавливают из нержавеющей немагнитной хромоникельтитанистой стали марки 12Х18Н9Т, пластмассы (стеклопластик, текстолит и др.), марганцовистой стали. Кроме этого, для защиты рабочих поверхностей, ванн, барабанов и кожухов сепараторов, которые подвержены интенсивному абразивному износу, применяется футеровка.

Футеровка представляет собой покрытие наиболее изнашиваемых поверхностей специальным материалом для защиты их от возможного повреждения. Благодаря футеровке продлевается срок службы сепараторов. За счет применения футеровок появляется возможность уменьшать массу машины.

Наибольшее распространение для футеровки сепараторов получили резина, полиуретан и другие полимеры.

Важным свойством футеровки является ее износостойкость. Под износостойкостью понимают свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в определенных условиях. До настоящего времени в металлических сплавах не удалось совместить твердость и пластичность, т.е. создать материал, обладающий одновременно и высокой износостойкостью, и сопротивлением изнашиванию при абразивном воздействии, которое сопровождается и другими видами износа (кавитация, коррозия и др.). Такими свойствами обладают эластомерные материалы.

Применение износостойких эластичных материалов является одним из наиболее эффективных направлений в области повышения долговечности машин.

Резина представляет собой сложную многокомпонентную систему из каучука и 10–15 (иногда более) разнообразных веществ (ингредиентов). Основные свойства резин – прочность, эластичность, износостойкость, коррозионная стойкость – определяются молекулярной структурой каучука и ингредиентов, входящих в смесь, а также технологией ее изготовления.

Кроме резины для футеровки применяют полиэтилены и полиуретан. Полиуретаны – термопластические массы, получаемые путем полимеризации этилена методом высокого, среднего и низкого давления. Недостаток полиэтилена – изменение его физико-химических свойств (старение) под воздействием ультрафиолетовых лучей и под нагрузкой в агрессивных средах.

Полиэтилен может быть нанесен на металлические поверхности методами газоплазменного и вихревого напыления, что обеспечивает хорошее беспористое коррозионно- и абразивостойкое покрытие.

Полиуретан отличается хорошей адгезией к металлу и обладает высокой абразивной устойчивостью. Промышленность выпускает

полиуретановые одно- и двухпакеточные лаки на основе исходных веществ для синтеза полиуретанов.

Прежде чем перейти к описанию сепараторов, выпускаемых серийно или снятых с производства, но еще широко применяемых на обогатительных фабриках, рассмотрим один узел, который неизменно присутствует во всех конструкциях сепараторов.

При обогащении руды различного состава и крупности возникает необходимость изменять в каких-то пределах положение магнитной системы, для чего внутри барабана сепаратора имеется специальное поворотное устройство, состоящее из рычага, тяги с винтовой нарезкой, кронштейна и шкалы.

Таблица 3

Технические характеристики сепараторов для мокрого обогащения сильномагнитных руд

Параметры	209-СЭ	ПБМ-Р-90/250	ПБМ-120/300	ПБМ-150/200
Производительность, т/ч, не менее	160	200	200	200–250
Диаметр рабочей части барабана, м	0,9	0,9	1,2	1,5
Длина барабана (включая реборды), м	2,5	2,5	3	2
Напряженность магнитного поля, кА/м:				
на поверхности барабана против геометрического центра каждого полюса, исключая периферийные, не менее	95–105	110	105	127
на расстоянии 50 мм от поверхности барабана против геометрического центра полюсов, не более	–	–	50	48
Частота вращения барабана, мин ⁻¹	26	–	19	19
Номинальная мощность электропривода, кВт	4	4	7,5	7,5
Габаритные размеры, м, не более:				
длина (вдоль оси барабана)	3,03	3,9	4	3,2
ширина	1,7	2,3	2,7	2,9
высота	2,2	2,2	2,7	2,7
Масса (без пускорегулирующей аппаратуры), т, не более	3,3	5,5	7,4	6,9

Рычаг поворотного устройства имеет два круглых отверстия. При помощи одного из них рычаг соединяется тягой (шпилькой со шплингом), а вторым – надевается на ось барабана. Крепление рычага на оси производят шпонкой и стопорным винтом.

На крышке рычага схематически изображено положение магнитной системы внутри барабана. К верхней части рычага прикрепляют стрелку-указатель положения магнитной системы.

Тяга поворотного устройства одним концом подвешивается к рычагу, а вторым – в кольцо кронштейна и укрепляется двумя гайками. При изменении угла поворота одну из гаек тяги опускают, подвинчиванием второй гайки магнитная система выводится в нужное положение. После этого положение магнитной системы фиксируется первой гайкой. Кронштейн поворотного устройства прикреплен двумя болтами к раме.

Шкала поворотного устройства служит для отсчета угла установки магнитной системы внутри барабана имеет деления от 0 до $\pm 30^\circ$. Шкала прикреплена к подшипнику оси барабана.

Сепаратор 209-СЭ: разработчик – Механобр. Изготовитель – ПО "Рудгормаш" (г. Воронеж).

Сепаратор 209-СЭ представляет собой однобарабанный магнитный сепаратор с нижним питанием, шестиполюсной магнитной системой чередующейся полярности по окружности барабана, предназначен для мокрого обогащения материала крупностью 6–0 мм.

Техническая характеристика сепаратора 209-СЭ приведена в табл. 3. Сепаратор выпускается с прямоточной (рис. 20), прогивоточной (рис. 21) и полупротивоточной (рис. 22) ваннами. Ось магнитного барабана установлена в разъемных подшипниках на П-образных стойках рамы.

Нижняя часть барабана погружена в ванну, установленную на раме. Снизу ванна имеет пять отверстий для хвостов со специальным разгрузочным механизмом рычажного типа. Загрузочный механизм крепится к раме, а разгрузочный короб – на раме.

Основной рабочий орган сепаратора – магнитный барабан, который представляет собой тонкостенный цилиндр из немагнитного материала с торцовыми крышками, вращающийся на шарикоподшипниках, установленных на неподвижной оси. Наружная поверхность барабана футерована резиной. Внутри барабана на его неподвижной оси закреплена шестиполюсная магнитная система с ярмом, к которому крепятся полюса из керамических постоянных магнитов.

Магнитная система внутри барабана развернута в сторону разгрузки магнитного продукта на 20° . Положение магнитной системы может регулироваться при помощи поворотного устройства, состоящего из рычага, укрепленного на конце оси барабана, тяги с резьбой и гайки.

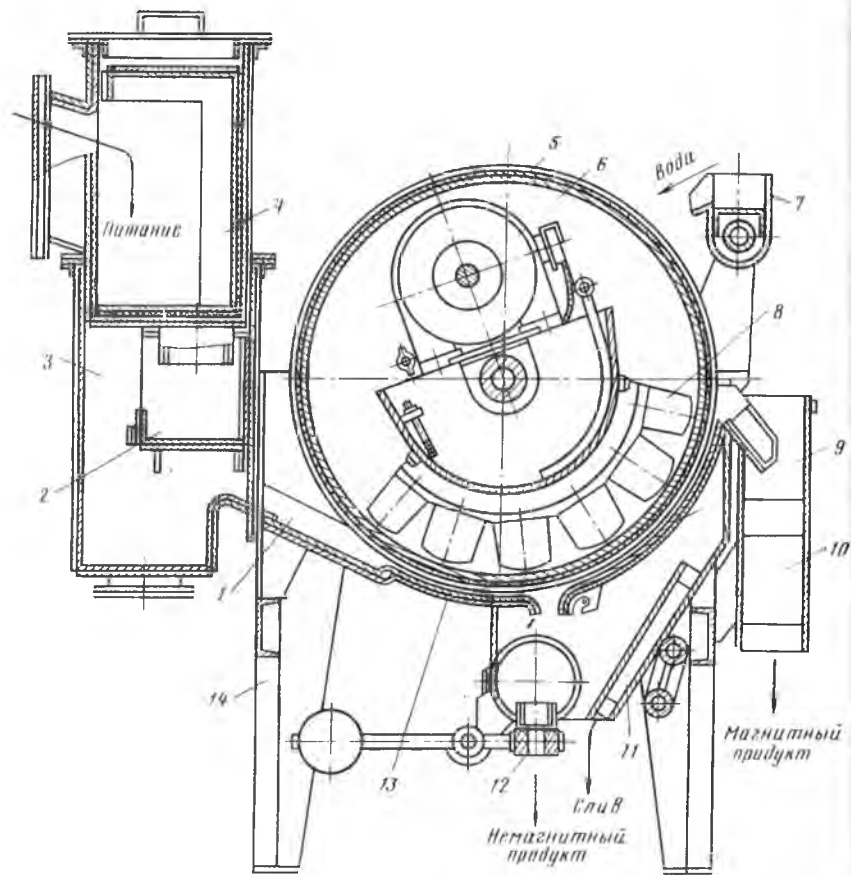


Рис. 20. Барабанный магнитный сепаратор 209-СЭ с прямоточной ванной:
 1 – ванна; 2 – успокоитель; 3 – распределительная коробка; 4, 10 – соответственно загрузочная и разгрузочная коробки; 5 – барабан; 6 – привод; 7 – брызгала; 8 – магнитная система; 9 – концентратный лоток; 11 – хвостовой патрубок; 12 – хвостовая насадка; 13 – питающий лоток; 14 – рама

На крышке с внутренней стороны барабана укреплено зубчатое колесо, соединенное путем наружного зацепления с малой шестерней, насаженной на выходной вал мотор-редуктора типа МРА-У.

Мотор-редуктор установлен на раме сверху ярма магнитной системы. Центрирование зубчатой пары производится с помощью прокладок под лапы мотор-редуктора. Для осмотра и смазки зубчатого зацепления и периодической замены масла в редукторе в крышке барабана предусмотрен герметически закрывающийся люк.

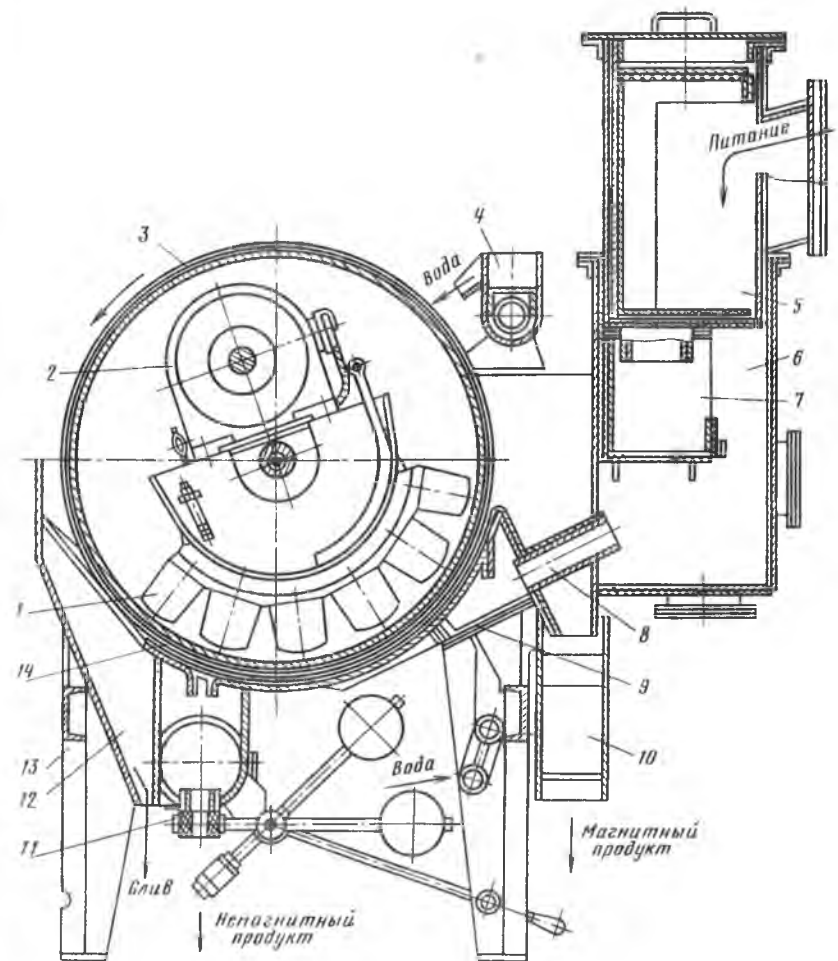


Рис. 21. Барабанный магнитный сепаратор 209-СЭ с противоточной ванной:
 1 – магнитная система; 2 – привод; 3 – барабан; 4 – брызгала; 5, 10 – соответственно загрузочная и разгрузочная коробки; 6 – распределительная коробка; 7 – успокоитель; 8 – питающие патрубки; 9 – питающий лоток; 11 – хвостовая насадка; 12 – хвостовой патрубок; 13 – рама; 14 – ванна

Сепаратор 209-СЭ работает следующим образом (см. рис. 20): подлежащий обогащению материал в виде пульпы подается в загрузочный короб, откуда ровным слоем поступает на питающий лоток 13 и далее самотеком – под магнитный барабан. Зазор между питающим лотком и барабаном постоянный и составляет 35 мм. Под воздействием магнит-

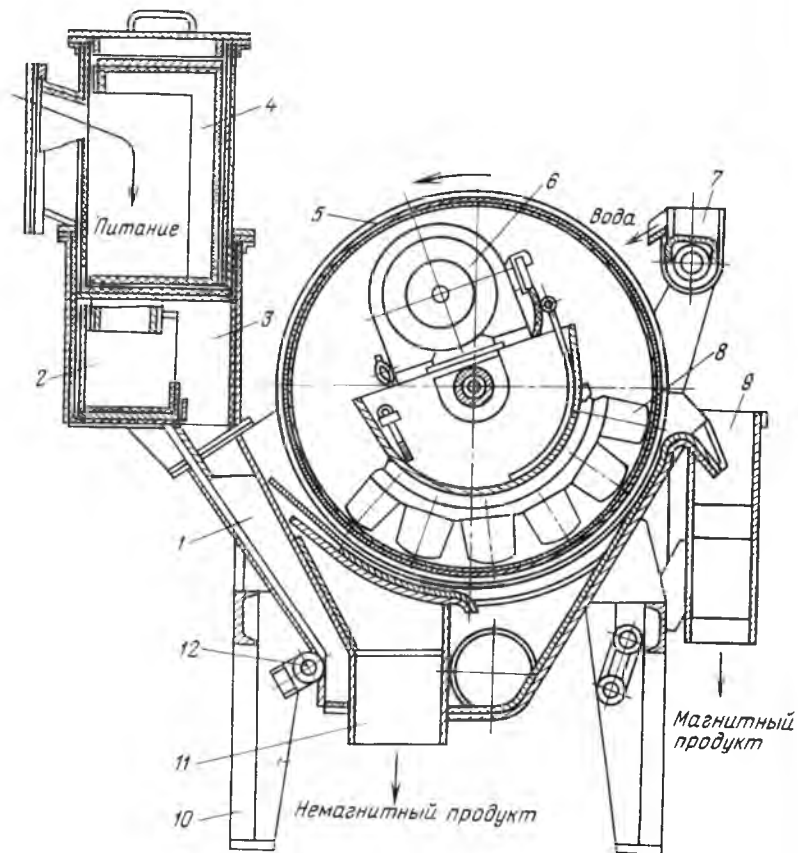


Рис. 22. Барабанный магнитный сепаратор 209-ПП-СЭ с полупротивоточной ванной:
1 — ванна; 2 — успокоитель; 3 — распределительная коробка; 4, 9 — соответственно загрузочная и разгрузочная коробки; 5 — барабан; 6 — привод; 7 — брызгала; 8 — магнитная система; 10 — рама; 11 — хвостовой патрубок; 12 — хвостовая насадка

ного поля сильномагнитные частицы притягиваются к поверхности вращающегося барабана.

При выходе из зоны действия магнитного поля магнитные частицы отваливаются на лоток, отводящий их в разгрузочный желоб.

Для лучшего отделения магнитных частиц от поверхности барабана и продвижения их по лотку над барабаном установлено смывное устройство 7 переливного типа.

Немагнитный продукт (хвосты) проваливается в щель размером 40 мм между питающим 13 и концентратным 9 лотками, расположен-

ными внутри ванны под барабаном, и разгружается через насадки 12, имеющие сменные резиновые вкладыши различного сечения.

В случае забивки отверстия одной или нескольких насадок случайными крупными включениями все насадки с помощью ручного разгрузочного механизма могут быть отведены в сторону вниз и промыты потоком пульпы или прочищены специальным металлическим крюком.

Внутри ванны (под разгрузочным лотком) расположен сливной карман 11. В нижней части торцовых стенок ванны имеются круглые люки с крышками, предназначенными для осмотра и очистки ванны.

Конструкция сепаратора позволяет компоновать в одном агрегате два, три и более сепараторов последовательно.

Сепаратор ПБМ-Р-90/250 предназначен для регенерации тяжелой среды с ферромагнитным утяжелителем (магнетитом) на углеобогачительных фабриках с относительной влажностью воздуха до 96 %. Техническая характеристика сепаратора ПБМ-Р-90/250 приведена в табл. 3.

Сепаратор ПБМ-Р-90/250 (рис. 23) состоит из следующих основных частей: барабана 4 с магнитной системой 3, ванны 7, привода, счищающего скребка 5 для съема магнитного концентрата, скребка отжимного 2 для отжима из концентрата воды, загрузочной коробки 1. Для уста-

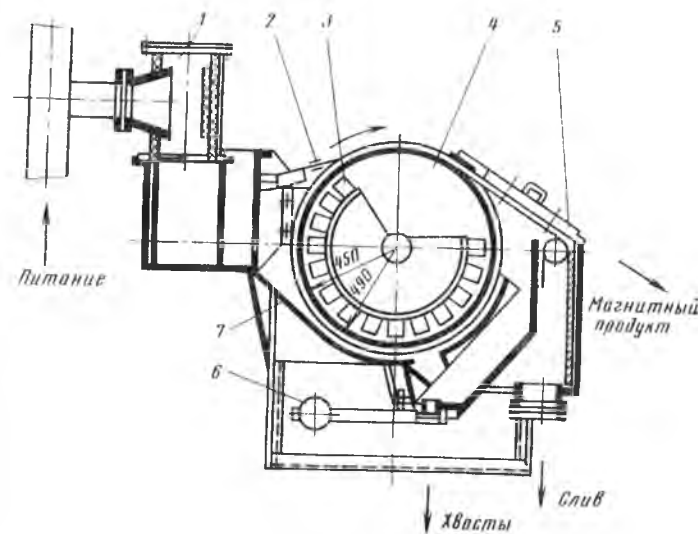


Рис. 23. Барабанный магнитный сепаратор ПБМ-Р-90/250:
1 — загрузочная коробка; 2 — скребок отжимной; 3 — магнитная система; 4 — барабан; 5 — скребок счищающий; 6 — рычаг; 7 — ванна

новки насадок в нижней части ванны расположены рычаги 6, которые крепятся к ванне шарнирной системой.

В ванне под действием магнитного поля происходит выделение магнитного продукта из потоков тяжелой среды. В связи с тем, что уровень тяжелой среды в ванне при нормальной нагрузке располагается несколько выше оси барабана, для ограничения вытекания жидкости с обеих сторон ванны приварены щиты, охватывающие ступицу крышек вращающегося барабана с зазором около 1 мм. Пульпа (тяжелая среда), проходящая через этот зазор, отводится по каналу, расположенному на боковой стенке ванны.

По краям лотка установлены ребра, которые служат ферромагнитным уплотнением. В нижней части лотка расположена щель для прохождения крупных кусков, случайно попавших в сепаратор с тяжелой средой.

На боковых стенках ванны имеются люки, закрытые быстросъемными крышками. Люки служат для осмотра и чистки ванны. Ванна изготовлена из нержавеющей стали. К торцовым стенкам ванны приварены рамы из швеллеров для установки барабана.

Скребки для отжатия воды из магнетитового концентрата (рис. 24, а) и для съема магнетитового концентрата (рис. 24, б) состоят из немагнитного основания 1, на конце которого закреплена с помощью планки 2 резиновая полоса 3.

Приемник позволяет осуществлять подвод питания к сепаратору сверху и снизу. Внутренняя поверхность приемника покрыта сменными футеровочными листами. В основании приемника имеются люки, через которые производится осмотр и чистка приемной камеры ванны сепаратора.

Магнитный барабан предназначен для создания магнитного поля, извлечения магнитного продукта из потока пульпы и транспортировки его в зону разгрузки. Барабан включает магнитную систему, состоящую из ярма, закрепленного на полуосях. На ярме закреплены 14 рядов магнитных полюсов. Магнитная система помещена в кожух и с торцов закрыта крышками.

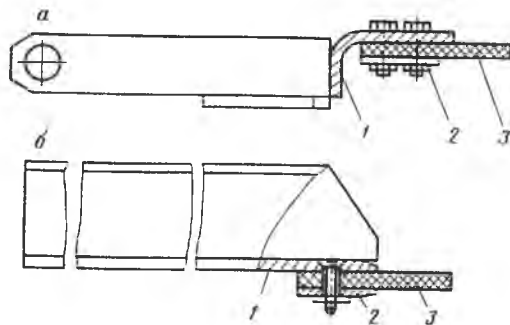


Рис. 24. Скребок:
а — для отжатия воды; б — для съема концентрата; 1 — основание; 2 — планка; 3 — полоса

Кожух представляет собой тонкостенный цилиндр из немагнитного материала с фланцами. Наружная поверхность обечайки покрыта футеровочным материалом из нержавеющей немагнитной стали.

На крышках расположены отбойные диски, предназначенные для направления в боковые карманы ванны пульпы, проходящей через кольцевой зазор между крышкой и стенкой ванны во время работы сепаратора. Принцип работы сепаратора следующий (см. рис. 23). Пульпа через приемник поступает в приемную камеру ванны. Затем через щели в шибере и стенке ванны поступает на направляющий лоток под вращающийся навстречу потоку пульпы барабан.

Под действием магнитного поля магнитные частицы притягиваются к поверхности барабана и транспортируются им вверх, проходят под отжимным скребком 2 и разгружаются на скребок 5. Немагнитный продукт разделяется на две части: хвосты (крупные частицы шламов с водой) и слив (осветленная вода), которые выводятся отдельно из ванны сепаратора.

Магнитный продукт при нормальной подаче на сепаратор распределяется по всей ширине барабана. В зависимости от содержания магнетита в тяжелой среде масса магнитного продукта на поверхности барабана будет одинаковой. При высоком содержании магнетита в питании магнитный продукт располагается на поверхности барабана толстым слоем.

Поступающий на скребок магнитный продукт должен равномерно сползать в разгрузочную точку. Местные скопления магнетита, временами образующиеся на поверхности скребка, мешают нормальной разгрузке и их необходимо периодически (в конце смены) считать.

Завод-изготовитель выпускает сепараторы с частотой вращения барабана $8,8 \text{ мин}^{-1}$, которую в процессе эксплуатации (в зависимости от условий) можно менять при помощи сменных шкивов. Снижение частоты вращения уменьшает износ футеровки барабанов. Минимальную частоту вращения рекомендуется также устанавливать при небольшой нагрузке по магнетиту и необходимости повышения плотности магнитного продукта, и наоборот.

При нормальной подаче тяжелой среды в сепаратор ее уровень в ванне должен держаться выше нижнего края щели сливного порога примерно на 30 мм. Наблюдать перелив необходимо через окна, имеющиеся на торцовых стенках ванны.

При попадании в сепаратор с пульпой крупных предметов (кусков угля, породы, ветоши и т.д.) насадки и ванна могут забиться и пульпа начнет переливаться через борта ванны. Для чистки необходимо приподнять рычаг со стороны груза и отвести обойму от кольца ванны.

В процессе эксплуатации вследствие износа резиновой полосы на скребке 5 между полосой скребка и барабаном может образоваться

большой зазор, что приводит к ухудшению разгрузки магнитного продукта. В этом случае необходимо произвести регулировку скребка, добиваясь касания им поверхности барабана по всей образующей.

Сепаратор ПБМ-120/300 представляет собой однобарабанный магнитный сепаратор с нижним питанием, магнитной системой с полюсами чередующейся полярности по окружности барабана. Он предназначен для мокрого обогащения материала крупностью 6–0 мм с разделением на два продукта: магнитный и немагнитный. Техническая характеристика сепаратора ПБМ-120/300 приведена в табл. 3.

Сепаратор ПБМ-120/300 (рис. 25) состоит из следующих основных частей: магнитного барабана 5, ванны 8 с загрузочным коробом 3, рамы 9, разгрузочного желоба для концентрата 11 и привода 6, встроенного внутрь барабана.

Основной рабочий орган сепаратора – магнитный барабан. Он представляет собой тонкостенный цилиндр с двумя крышками, вращающийся на роликоподшипниках, установленных на неподвижной оси. Ось магнитного барабана установлена в разъемных подшипниках

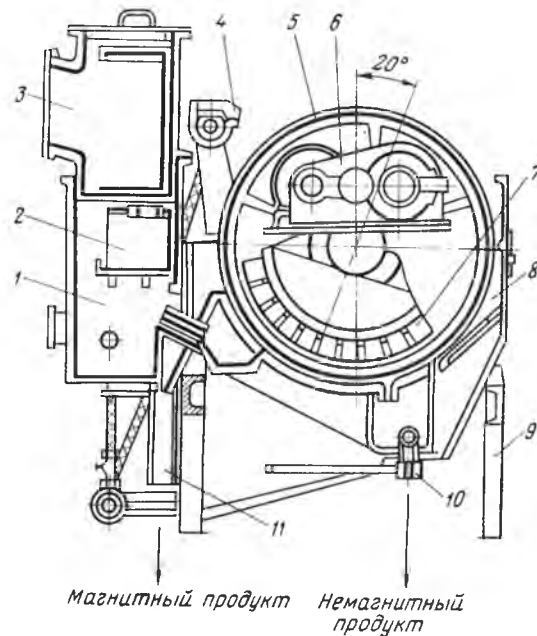


Рис. 25. Барабанный магнитный сепаратор ПБМ-120/300:

1 – приемный короб; 2 – успокоитель; 3 – загрузочная коробка; 4 – брызгала; 5 – барабан; 6 – привод; 7 – магнитная система; 8 – ванна; 9 – рама; 10 – насадки; 11 – разгрузочный желоб

на П-образных стойках рамы. Барабан изготовлен из немагнитного материала и снаружи покрыт резиной. Внутри барабана закреплена десятирядная магнитная система 7 с ярмом, к которому крепятся полюса постоянных магнитов.

Магнитная система внутри барабана развернута на 20° от вертикальной плоскости в сторону разгрузки магнитного продукта. Однако при помощи поворотного устройства, состоящего из рычага, укрепленного на конце оси барабана, тяги с резьбой, гайки, можно изменять угол отклонения магнитной системы.

Для осмотра и смазки зубчатого зацепления и периодической смены масла в редукторе (1 раз в 6 мес.) в крышке барабана предусмотрен герметически закрывающийся люк. Нижняя часть барабана погружена в ванну, установленную на продольных балках рамы. Внизу ванна имеет шесть отверстий для разгрузки хвостов со специальным разгрузочным механизмом рычажного типа 10. Разгрузочный желоб крепится на продольной балке рамы.

Барабан приводится во вращение с помощью привода, состоящего из электродвигателя, редуктора промежуточной опоры, шестерни и зубчатого колеса, насаженного на одну из крышек барабана. Электродвигатель с редуктором соединен при помощи муфты.

Привод барабана установлен на площадке сверху ярма магнитной системы. Центрирование зубчатой пары производится с помощью прокладок под лапы редуктора и промежуточной опоры. Питание электроэнергией осуществляется по кабелю, проходящему через полую цапфу неподвижной оси барабана.

Подлежащий обогащению материал в виде пульпы подается в загрузочный короб с многоступенчатым распределителем, благодаря чему равномерно растекается по ширине короба, затем по питающим патрубкам и по лотку под магнитный барабан. Под действием магнитного поля сильномагнитные частицы материала притягиваются к поверхности вращающегося барабана. При выходе из зоны действия магнитного поля магнитные частицы отваливаются на лоток, отводящий их в разгрузочный желоб 11. Для лучшего отделения магнитных частиц от поверхности барабана и продвижения их по лотку над барабаном установлены брызгала 4 переливного типа. Вода в брызгала и на разбавление питающей пульпы в короб подается с помощью водораспределителя.

Немагнитный материал (хвосты) проваливается в щель, расположенную внутри ванны под барабаном, оседает на дно и разгружается через насадки 10, имеющие сменные резиновые вкладыши различного сечения.

В случае забивки отверстия одной или нескольких насадок случийными крупными включениями все насадки с помощью рукоятки

разгрузочного механизма могут быть отведены в сторону, вниз и промыты потоком пульпы или прочищены металлическим крюком.

Внутри ванны расположен сливной отсек с патрубком для разгрузки слива. В нижней части торцовых стенок ванн имеются круглые люки с легкоъемными крышками, предназначенные для осмотра и очистки ванны.

Для предотвращения попадания магнитных частиц в слив в ванне предусмотрен подхватывающий лоток, который направляет магнитные частицы в зону действия магнитного поля.

Принцип работы сепаратора ПБМ-120/130 аналогичен сепаратору ПБМ-90/250.

Сепаратор ПБМ-150/200 предназначен для мокрого магнитного обогащения сильномагнитных руд и материалов крупностью 6–0 мм с разделением на два продукта: магнитный и немагнитный. Техническая характеристика сепаратора ПБМ-150/200 приведена в табл. 3.

Сепаратор ПБМ-150/200 (рис. 26) состоит из следующих основных частей: приемника 3, распределителя 2, приемного короба 1, ванны 8, рамы 9, барабана 6, коллектора 10, смывателя 4, коллектора, подающего воду для разжижения питания, указателя уровня масла в мотор-

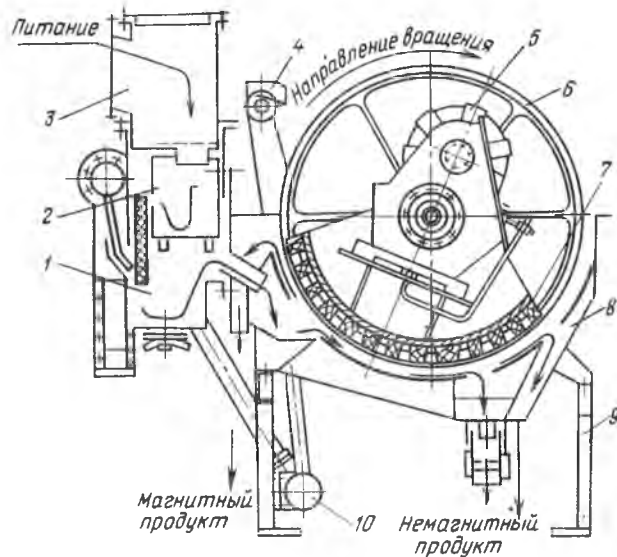


Рис. 26. Барабанный магнитный сепаратор ПБМ-150/200:

1 — приемный короб; 2 — успокоитель; 3 — загрузочная коробка; 4 — брызгала; 5 — привод; 6 — барабан; 7 — магнитная система; 8 — ванна; 9 — рама; 10 — коллектор

редукторе привода и устройства для установки и регулировки угла наклона магнитной системы.

На коробе 1 установлен приемник для приема исходного питания и равномерного его распределения по длине ванны. Приемник представляет собой прямоугольную емкость, сваренную из листовой стали и закрытую сверху крышкой. Подача питания осуществляется через прямоугольные отверстия в боковой стенке приемника и выпускной наклонный патрубок. В днище имеются два выпускных окна, через которые пульпа поступает в распределитель. Выпускные окна закрыты съемной сеткой, позволяющей исключить попадание крупных предметов в ванну сепаратора. Внутренняя поверхность приемника зафутерована износостойкой резиной для предохранения его от износа.

Распределитель выполнен из листовой стали и зафутерован внутри износостойкой резиной. Он служит для равномерного распределения питания по длине ванны, которое достигается за счет перелива питания из распределителя через его борт.

Короб 1 соединен с ванной 8 фланцем для подачи в нее питания сепаратора. Равномерность распределения питания по длине ванны достигается переливом его через горизонтальную крышку выпускного окна короба. В коробе предусмотрено сливное отверстие для аварийного сброса питания в случае остановки барабана. При нормальной работе сепаратора перелив через смывное отверстие отсутствует. Короб очищают через люки, которые расположены в днище и торцовых стенках короба.

Рама сепаратора представляет собой металлоконструкцию, на которой смонтированы ванна, барабан, желоба для отвода продуктов обогащения и водораспределительная система. Конструкция барабана аналогична сепаратору ПБМ-120/300 и др.

Вращение барабана осуществляет мотор-редуктор 5 с полым валом, который заканчивается кулачковой полумуфтой. Кулачки полумуфты входят в зацепление с пазами ступицы крышки барабана. Мотор-редуктор и редуктор соединены между собой муфтой лепесткового типа и установлены на площадке, составляющей единое целое с прочим магнитной системы. Связь внутренней полости барабана с атмосферой осуществляется через каналы в цапфах. Электропитание мотор-редуктору подается силовым кабелем через цапфу. В канале другой цапфы проходит шланг, соединяющий картер мотор-редуктора с указателем уровня масла.

Слив и замена масла в редукторе производится при помощи шланга через отверстие со штуцером в днище корпуса редуктора. Кроме того, в корпусе редуктора имеются два отверстия, одно из которых закрыто пробкой, а в другое завернут шуп для измерения и контроля уровня масла. Доступ к шупу и сливному шлангу осуществляется через смотровой люк в торцовой крышке барабана.

Магнитная система 7 состоит из 14 основных полюсов с чередующейся по окружности барабана полярностью и расположенных между ними дополнительных полюсов. Основные полюса закреплены на ярме при помощи шпилек, а дополнительные – вклеены.

Магнитный сепаратор работает следующим образом. Исходное питание в виде пульпы определенной плотности поступает в приемник 3, из которого выливается в распределитель 2. Переливаясь через каскад горизонтальных бортов распределителя, короба и ванны, питание равномерно поступает в рабочий зазор между ванной и барабаном в зону действия магнитной системы. Под действием магнитного поля магнитные частицы притягиваются к барабану и выносятся им в зону разгрузки магнитного продукта, где он под действием силы тяжести и смывной воды, подаваемой через смыватель, отделяется от барабана и выводится из сепаратора.

На немагнитный продукт магнитное поле не действует, поэтому он, пройдя по рабочему зазору под барабаном, удаляется из сепаратора самотеком в сборник для немагнитного продукта.

§ 8. МАГНИТНЫЕ СЕПАРАТОРЫ ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ СЛАБОМАГНИТНЫХ РУД

Слабомагнитные руды характеризуются низкой удельной магнитной восприимчивостью, поэтому для извлечения минеральных частиц требуется сила магнитного поля примерно в 200 раз больше, чем для извлечения минералов сильномагнитных руд. Осуществить обогащение слабомагнитных руд в настоящее время возможно только с помощью электромагнитных сепараторов с высокоинтенсивным магнитным полем, создаваемым замкнутыми электромагнитными системами.

Замкнутые электромагнитные системы обладают высоким коэффициентом (до 80 %) использования магнитного потока, однако магнитное поле высокой напряженности можно создавать в сравнительно небольшом объеме межполюсного пространства.

Магнитные сепараторы для обогащения слабомагнитных руд различаются устройством рабочего пространства, где происходит процесс отделения ценных минералов от пустой породы, конструкцией рабочих органов по транспортировке магнитной и немагнитной фракций, конструкциями питателей для подачи исходного материала в рабочую зону и ванн для приема и разгрузки продуктов разделения.

Из всех конструкций сепараторов с сильным магнитным полем в настоящее время наибольшее распространение в нашей стране получили валковые сепараторы для мокрого магнитного обогащения мелкозернистых слабомагнитных руд.

Магнитные сепараторы для мокрого обогащения мелкозернистых слабомагнитных руд. В СССР для мокрого магнитного обогащения

мелкозернистых слабомагнитных руд крупностью 0,02–5 мм используют электромагнитные валковые сепараторы 2ЭВМ-30/100, 4ЭВМ-30/100, 2ЭВМ-38/250, 4ЭВМ-38/250.

Валковые сепараторы типа ЭВМ, по сравнению с сепараторами аналогичного назначения, имеют ряд отличительных особенностей. При разработке конструкции используют замкнутые электромагнитные системы с большой магнитодвижущей силой (до 75 000 А), у которых замыкание магнитного потока происходит вдоль оси валка, что позволяет свести до минимума потери магнитного потока на нерабочие воздушные зазоры, которые неизбежны при замыкании магнитного потока через валок и в радиальном направлении.

Техническое решение использовать валок как один из полюсов электромагнитной системы позволило разделить магнитные и немагнитные минералы крупностью от 0,02 до 5 мм в свободной рабочей зоне с шириной 6–14 мм (по оси выступа и впадины) при высоте 145–160 мм и длине от 1000 до 2500 мм.

Разработан специальный профиль основных рабочих органов – валка и полюсных наконечников – в виде чередующихся с определенным шагом кольцевых выступов на валке и впадин на полюсных наконечниках, при этом ось каждого выступа совпадает с осью соответствующей впадины. В этом случае сила магнитного поля направлена от впадин полюсного наконечника, по которым движется исходный материал, к выступам валка, намагниченным до насыщения и притягивающим к себе магнитную фракцию. Большая магнитодвижущая сила и геометрия специального профиля рабочего органа позволяют получить напряженность магнитного поля до 1600 кА/м на поверхности кольцевых выступов валка при номинальной силе тока и ширине рабочего зазора 8 мм.

Оригинальная конструкция полюсного наконечника, в котором предусмотрены клиновые щели для разгрузки немагнитной фракции с длиной щелей в 10 раз большей их ширины, позволяет значительно (на 60–80 мм) удалить друг от друга место разгрузки магнитной и немагнитной фракций, производить разгрузку немагнитной фракции в зоне действия магнитного поля, что снижает до минимума потери ценного материала с хвостами магнитного обогащения.

Конструктивное решение сопряжения валка и полюсных наконечников позволило применить нижний способ подачи исходного питания в рабочую зону, при котором материал поступает во впадины полюсного наконечника и благодаря направленности градиента напряженности магнитного поля магнитные минералы, отделяясь от немагнитных, перемещаются снизу вверх на поверхность выступов валка, т.е. процесс обогащения осуществляется по методу извлечения.

Приоритет в разработке сепараторов типа ЭВМ с указанными отличительными особенностями принадлежит советским ученым В.И. Кармазину и В.В. Крутию.

Технические характеристики электромагнитных валковых сепараторов для мокрого обогащения мелкозернистых слабомагнитных руд приведены в табл. 4.

Принципиальных конструктивных отличий между собой сепараторы типа ЭВМ не имеют. Практически они отличаются числом валков, их диаметром и длиной, МДС, размерами электромагнитной системы, а следовательно, габаритными размерами и массой.

Таблица 4

Технические характеристики электромагнитных валковых сепараторов для мокрого обогащения мелкозернистых слабомагнитных руд

Параметры	2ЭВМ-30/100	4ЭВМ-30/100	2ЭВМ-38/250	4ЭВМ-38/250
Производительность по твердому, т/ч	3-4	4-5	10-16	16-22
Крупность обогащаемого материала, мм	0,02-5	0,02-5	0,02-5	0,02-5
Массовая доля твердого в питании, %	70-80	70-80	70-80	70-80
Напряженность магнитного поля на выступах валка, кА/м	1100-1200	1200-1275	1275-1350	1350-1425
Размеры рабочей зоны, мм:				
длина	2000	2000	5000	5000
ширина	8	8	10	12
высота	145	145	160	160
Размеры валка, мм:				
диаметр	300	300	380	380
длина	1000	1000	2500	2500
Число валков	2	4	2	4
Частота вращения валков, мин ⁻¹ :				
нижнего	25	25	25	22,5
верхнего	50	50	40	45
Потребляемая мощность, кВт:				
на возбуждение	3	5,5	7,7	13,2
на привод	4,5	11,2	16,2	25,5
Расход воды, м ³ /ч	15-20	20-30	30-40	50-60
Габаритные размеры сепаратора, м:				
длина	2,3	2,575	4,6	4,94
ширина	1,6	2,05	1,97	2,4
высота	1,65	2,34	2,4	2,77
Масса сепаратора, т	6,4	10,8	18,3	34,5

Сепаратор 4ЭВМ-30/100 отличается от сепаратора 2ЭВМ-30/100 тем, что в нем применена двухъярусная электромагнитная система с четырьмя валками, что позволяет в одной машине осуществить пере-чистку немагнитной фракции верхних валков на нижних валках и тем самым выделить отвальные хвосты с незначительным (до 3-5 %) содержанием полезного минерала.

Сепаратор 2ЭВМ-38/250 отличается от сепаратора 2ЭВМ-30/100 тем, что в нем применена многоконтурная (трехконтурная) электромагнитная система, позволяющая впервые в мировой практике сепараторостроения увеличить длину питания в одной машине с 2 до 5 м и тем самым увеличить общую производительность сепаратора в 3-4 раза.

Сепаратор 4ЭВМ-38/250 разработан на базе сепараторов 4ЭВМ-30/100 и 2ЭВМ-38/250 с использованием двухъярусной трехконтурной электромагнитной системы.

Следует также отметить, что по мере разработки каждого последующего сепаратора (см. табл. 4) напряженность магнитного поля на поверхности выступа валка возросла с 1100-1200 до 1350-1425 кА/м при одновременном увеличении ширины рабочего зазора между полюсами с 8 до 12 мм. В связи с этим технологические показатели обогащения, особенно извлечение ценных минералов на каждом последующем сепараторе, лучше, чем на предыдущем.

При анализе технической характеристики сепараторов типа ЭВМ следует также иметь в виду, что благодаря параметрам, заложенным в конструкцию каждого из сепараторов, для получения на одном и том же сырье близких технологических показателей обогащения при одинаковой производительности соотношение двухвалковых и четырехвалковых сепараторов одного и того же диаметра и длины валков должно составлять 3:1.

Электромагнитные валковые сепараторы 2ЭВМ-30/100, 4ЭВМ-30/100, 2ЭВМ-38/250, 4ЭВМ-38/250 состоят из следующих основных узлов:

электромагнитной системы, которая предназначена для создания в рабочей зоне сепаратора неоднородного магнитного поля. Она состоит из катушек, сердечников, полюсных наконечников, валков и рамы. Валки выполняют также функцию по транспортировке из зоны разделения притянувшихся к выступам магнитных частиц и разгрузке их за пределами действия магнитного поля, а полюсные наконечники используются также для транспортировки и разгрузки немагнитной фракции. Рама электромагнитной системы служит для закрепления на ней сердечников с катушками и полюсными наконечниками;

питателя, предназначенного для приема исходного продукта и постоянной подачи его в зону разделения равномерно по всей длине;

ванн, которые служат для сбора и разгрузки через насадки продуктов разделения;

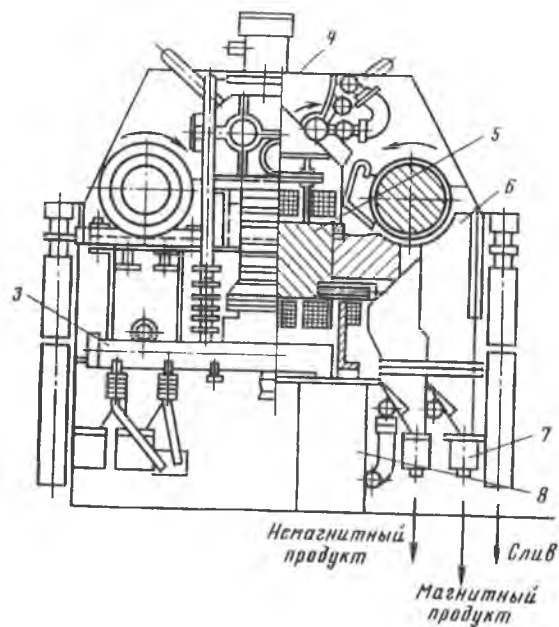
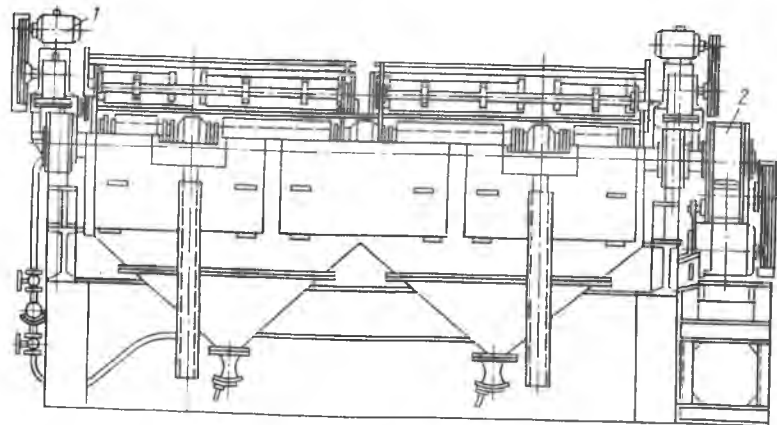


Рис. 27. Электромагнитный валковый сепаратор 2ЭВМ-38/250:
1 — привод роликов питателя; 2 — привод валков; 3 — система водоснабжения; 4 — питатель; 5 — электромагнитная система; 6 — ванна; 7 — разгрузочное устройство; 8 — железобетонная рама

системы водоснабжения для установления и поддержания требуемого уровня пульпы в ваннах;
привода вращения валков сепаратора и роликов питателя;
железобетонной рамы для установки и закрепления на ней всех частей сепаратора;
пускорегулирующей и контролирующей аппаратуры.

Подробно конструкции электромагнитных валковых сепараторов рассмотрим на примере сепараторов 2ЭВМ-38/250 и 4ЭВМ-38/250, получивших наибольшее распространение.

Сепаратор 2ЭВМ-38/250: разработчик — Механобрчермет. Изготовитель — ПО "Рудгормаш" (г. Воронеж). Состоит из следующих сборочных основных единиц (рис. 27): электромагнитной системы 5, питателей 4, ванн 6, системы водоснабжения 3, привода валков 2, привода роликов питателей 1, разгрузочных устройств 7, железобетонной рамы 8.

Электромагнитная система (рис. 28) расположена горизонтально и состоит из четырех сердечников прямоугольной формы, на каждый из которых надето по четыре катушки 3 для создания магнитного поля сепаратора, восьми полюсных наконечников 2, двух валков 1 и рамы для крепления магнитных сборок.

К свободным от катушек торцам сердечников примыкают по два полюсных наконечника. Над полюсными наконечниками установлены два валка. Каждый валок образует с четырьмя соответствующими полюсными наконечниками четыре воздушных зазора, которые и являются рабочими зазорами сепаратора. В промежутке между полюсными наконечниками валок не имеет выступов, эти участки валка нерабочие.

Форма рабочей зоны определяется сочетанием кольцевых выступов на валках и желобчатых впадин на полюсных наконечниках. Профиль рабочей зоны сепаратора показан на рис. 29.

Валок представляет собой сплошной металлический цилиндр (вал), на торце которого закреплены цапфы с насаженными коренными подшипниками. Одна цапфа имеет шлицы для соединения с редуктором привода. Вал изготовляют из магнитомягкого металла для получения максимальной магнитодвижущей силы, а цапфы (для прочности) — из твердого металла.

В полюсных наконечниках по оси симметрии впадин прорезаны клинообразные щели (см. рис. 29) длиной 100 мм и шириной 10 мм, которые предназначены для разгрузки немагнитного продукта.

Катушки изолированы друг от друга и от сердечников стеклотекстолитовыми и текстолитовыми прокладками.

В сепараторе используются два двухвалковых питателя, разработанных для сепаратора 4ЭВМ-30/100. Питатель состоит из сварного

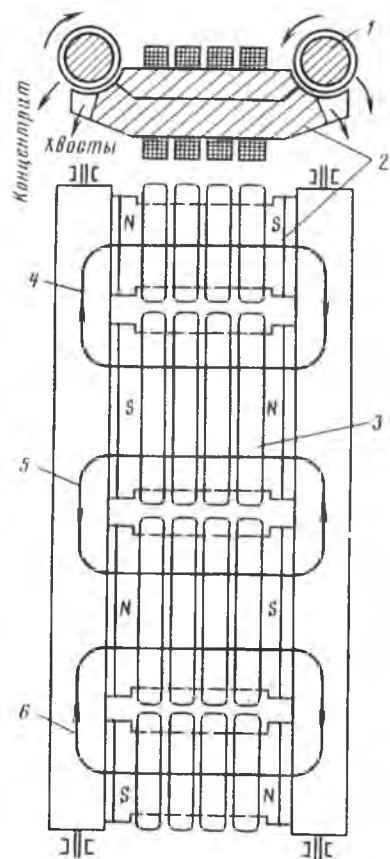


Рис. 28. Электромагнитная система сепаратора 2ЭВМ-38/250:
1 — валок; 2 — полусные наконечники; 3 — катушка; 4-6 — замкнутые магнитные контуры

Рис. 29. Профиль рабочей зоны сепаратора 2ЭВМ-38/250

короба, имеющего выходящую щель, внутри которой вращаются с частотой 10 мин^{-1} два рифленых ролика.

Подаваемое исходное питание на сепаратор регулируют с помощью шиберов, перекрывающих выходную щель. Шибер перемещается поворотом рычага, снабженным указателем в виде шкалы, на которую при эксплуатации наносят деления, соответствующие различной производительности сепаратора. Над роликами питателя расположены брызгала для смыва материала, оставшегося на рифлениях роликов, и транспортировки его по лоткам питателя в рабочие зоны сепаратора.

Ванны сепаратора выполнены в виде отделений, разделенных резиновыми и металлическими перегородками, для приема магнитной и немагнитной фракции и поддержания уровня пульпы в заданных пределах. В нижней части ванн расположены разгрузочные люки, которые снабжены рычажными насадками со съёмными резиновыми

вставками. Насадки устроены таким образом, что при замене изношенных резиновых вставок или при забивке их отверстий необходимо повернуть вверх рычаг с грузом. В нижней части ванн имеются также вводы для подачи воды с целью обеспечения поддержания заданного уровня пульпы.

В передней стенке каждой ванны имеются закрытые крышками люки для ревизии и регулировки размеров рабочих зазоров, а также для ревизии щелей в полюсных наконечниках при остановке сепаратора.

В связи с тем, что нижняя часть ванны выступает за раму электромагнитной системы сепаратора, она крепится на фланце и может быть снята при транспортировке. Для осуществления демонтажа валков передняя стенка ванны выполнена съёмной.

Ванны сепаратора изготовляют из немагнитной нержавеющей стали, что вызвано необходимостью уменьшения рассеяния магнитного поля в связи с прилеганием ванн к элементам электромагнитной системы, а также повышения износостойкости.

Вращение каждого валка осуществляется от индивидуального привода, который состоит из асинхронного электродвигателя, навесного цилиндрического редуктора специального назначения и клиноременной передачи. Редуктор монтируется на цапфе валка и представляет собой двухступенчатую цилиндрическую передачу с эвольвентным зацеплением, заключенную в герметический корпус. Сцепление редуктора с цапфой валка осуществляется с помощью шлицевого соединения.

Для вращения роликов питателя применены привод, состоящий из фланцевого электродвигателя и специального червячно-цилиндрического редуктора. Редуктор имеет два выходных отверстия со шлицеванными гнездами для сцепления с цапфами роликов питателя. Каждый питатель имеет индивидуальный привод.

Система водоснабжения предназначена для подачи воды в ванны, на брызгала питателей и для регулировки водного режима в процессе обогащения. Система водоснабжения состоит из коллекторов, отделения фильтрации, пробковых кранов и прорезиненных рукавов. Отделение фильтрации служит для предотвращения попадания инородных предметов в ванны сепаратора.

Все детали сепаратора укреплены на железобетонной раме, что позволяет в значительной мере уменьшить утечку магнитного потока (железобетон — немагнитопроводный материал) и создать требуемую жесткость. Рама имеет вентиляционные каналы для естественного охлаждения обмоток сепаратора.

Принцип действия сепаратора 2ЭВМ-38/250 заключается в следующем. Исходный материал, предварительно обезвоженный в классификаторе, поступает в питатель и распределяется в нем по

длине сепаратора. Из питателя рифлеными роликами материал подается равномерно на обе стороны сепаратора на наклонные гофрированные лотки, из которых самотеком поступает в рабочую зону между валками и полюсными наконечниками.

На лотках число канавок соответствует числу выступов на валках, причем лотки установлены таким образом, что ось каждой канавки совпадает с осью соответствующего выступа. Это соответствует подаче исходного материала в зону с максимальной силой магнитного поля и его равномерному распределению по всей длине валков.

В рабочей зоне под действием сильного магнитного поля магнитная фракция, содержащаяся в исходном материале, преодолевая механическое и гидравлическое сопротивление, притягивается к выступам вращающихся валков и выносятся ими за пределы действия магнит-

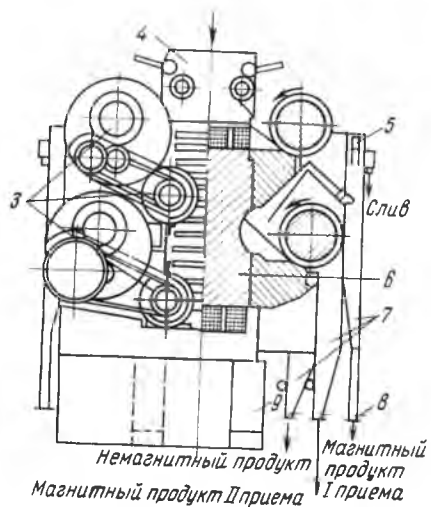
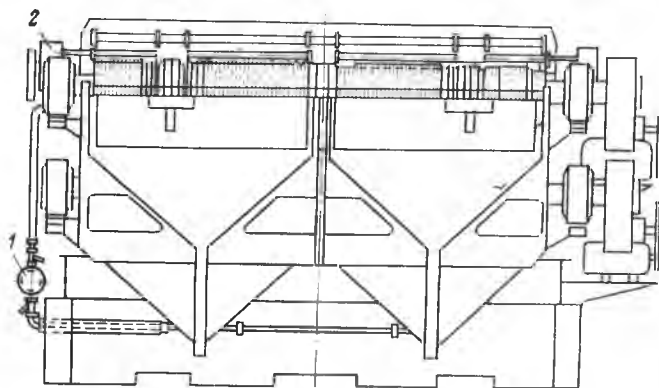


Рис. 30. Электромагнитный валковый сепаратор 4ЭВМ-38/250:
1 — система водоснабжения; 2 — привод роликов питателя; 3 — привод валков; 4 — питатель; 5 — система автоматического поддержания уровня пульпы в ванне; 6 — электромагнитная система; 7 — ванна; 8 — разгрузочное устройство; 9 — железобетонная рама

ного поля, где и происходит разгрузка в соответствующие (концентратные) отделения ванн сепаратора. Немагнитная фракция движется по впадинам полюсных наконечников и под действием силы тяжести и давления, вызванного определенным уровнем пульпы в ванне сепаратора, а также направленного потока пульпы, выходящего из насадок ванн, через щели в полюсных наконечниках разгружается в хвостовые отделения ванн сепаратора. Таким образом исходный материал после обогащения разделяется на два продукта: магнитный продукт (концентрат) и немагнитный (хвосты).

При работе сепаратора с целью осуществления операции обогащения в водной среде рабочая зона сепаратора должна быть заполненной, поэтому уровень пульпы в ваннах постоянно поддерживается в пределах верхних переливных порогов ванн. Продукты обогащения разгружаются через отверстия в рычажных насадках ванн сепаратора.

Сепаратор 4ЭВМ-38/250: разработчики — Механобрчермет, Гипропромашобогашение. Изготовитель — ПО "Рудгормаш" (г. Воронеж). Сепаратор состоит из следующих сборочных единиц (рис. 30): электромагнитной системы 6, питателя 4, ванн 7, системы водоснабжения 1, привода валков 3, привода роликов питателя 2, разгрузочных устройств 8, системы автоматического поддержания уровня пульпы в ваннах 5, железобетонной рамы 9.

Электромагнитная система (рис. 31) расположена горизонтально и состоит из четырех сердечников 4, на каждый из которых надето по восемь катушек 7, 16 полюсных наконечников 6, четырех валков 5 и рамы. К свободным от катушек торцам сердечников с каждой стороны крепится по два верхних и нижних полюсных наконечника.

Магнитная цепь электромагнитной системы состоит из четырех замкнутых контуров 1—3, каждый из которых разделяется на краях сердечников на две части: верхнюю и нижнюю. Верхний контур замыкается через верхние полюсные наконечники, восемь рабочих зон и верхние валки сепаратора. Нижний контур аналогичным образом замыкается в нижней части электромагнитной системы сепаратора.

Пространство, заключенное между верхними и соответствующими им полюсными наконечниками, является верхней рабочей зоной, в которой осуществляется основная операция обогащения, два нижних валка с соответствующими им полюсными наконечниками образуют рабочую зону, в которой происходит пересортировка фракции I приема обогащения.

При разработке конструкции сепаратора 4ЭВМ-38/250 с целью упрощения изготовления ставилась задача максимально возможной унификации его с сепаратором 2ЭВМ-38/250. Поэтому такие узлы и детали, как валки, верхние полюсные наконечники (а следовательно, и профиль рабочей зоны), подшипники, электродвигатели верхних

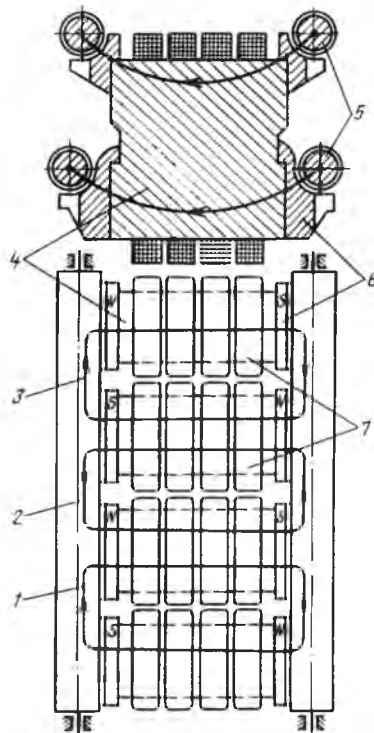


Рис. 31. Электромагнитная система сепаратора 4ЭВМ-38/250:

1-3 — замкнутые магнитные контуры; 4 — сердечник; 5 — валки; 6 — полюсные наконечники; 7 — катушки

валков, разгрузочные устройства, унифицированы и подходят к обоим сепараторам. Имеют незначительные отличия рама электромагнитной системы, система водоснабжения, привод валков, железобетонная рама.

К сепаратору 4ЭВМ-38/250 разработан один общий питатель вместо двух, который может применяться и на сепараторе 2ЭВМ-38/250. В новом питателе значительно облегчены операции по замене роликов, сальниковой набивки уплотнения роликов, подшипников. Питатель имеет один привод; частота вращения роликов уменьшена до 7 мин^{-1} . Максимальная производительность питателя составляет 40 т/ч.

Конструкция ванн позволяет принимать и разгружать три продукта обогащения — магнитную фракцию

верхней и нижней рабочих зон, а также немагнитную фракцию рабочей зоны. В ванне предусмотрены специальные перегрузочные лотки, которые позволяют объединять внутри ванны магнитную фракцию верхней и нижней рабочих зон.

Стабильность процесса магнитного обогащения при разделении в жидкой среде в большей степени зависит от соблюдения водного режима, поэтому на сепараторе предусмотрена система автоматического поддержания уровня пульпы в ваннах сепаратора в заданных пределах. Изменение пределов регулирования осуществляется перемещением по высоте ванны двух электродов. Схема работает следующим образом: при повышении уровня пульпы в ванне настолько, что верхний электрод погружается в нее, срабатывает соответствующее реле, включается исполнительный механизм, закрывающий рабочий ventиль — подача воды в ванну уменьшается. С понижением уровня в ванне ниже нижнего электрода обесточивается соответствующее реле и оно своим закрытым (размыкающим) контактом включает исполнительный механизм на увеличение подачи воды. Увеличение подачи

воды в ванну продолжается до тех пор, пока не замыкается электрод нижнего уровня.

Привод обеспечивает индивидуальное вращение каждого из четырех валков. Он состоит из цилиндрического редуктора, электродвигателя и клиноременной передачи. Натяжение ремней осуществляется перемещением электродвигателя в пазах рамы с помощью винтового устройства. Клиноременная передача закрыта кожухом. Приводы смонтированы на сварной раме, соединенной с рамой электромагнитной системы.

Принцип действия сепаратора 4ЭВМ-38/250 заключается в следующем. Исходный материал (предварительно обезвоженный) из питателя по наклонным гофрированным лоткам поступает в верхнюю рабочую зону равномерно по всей ее длине. Магнитная фракция, содержащаяся в исходном материале, под действием сильного магнитного поля притягивается к поверхности выступов вращающихся валков и выносятся ими за пределы рабочей зоны, где происходит ее разгрузка в концентратные отделения ванн верхней рабочей зоны.

Немагнитная фракция верхней рабочей зоны разгружается через щели верхних полюсных наконечников и поступает на направляющий лоток, по которому транспортируется в нижнюю рабочую зону. Здесь аналогично происходит второе разделение на магнитную и немагнитную фракции. Магнитная фракция разгружается в концентратные отделения нижней рабочей зоны. Немагнитная фракция нижней рабочей зоны разгружается через щели в нижних полюсных наконечниках в хвостовые отделения ванн сепаратора.

Таким образом, исходный материал после обогащения разделяется на три продукта: магнитный продукт верхней рабочей зоны (концентрат), магнитный продукт нижней рабочей зоны (концентрат или промпродукт) и немагнитный (хвосты). Магнитные продукты могут разгружаться совместно или раздельно.

Все валковые сепараторы типа ЭВМ разработаны для обогащения неклассифицированных слабомагнитных материалов крупностью 0,02–5 мм. Исследования, проведенные в Механобрчермете, показали, что на сепараторе 4ЭВМ-38/250, самом совершенном из существующих конструкций валковых сепараторов, материал крупностью 1–5 мм обогащается весьма эффективно — в концентрат извлекается до 90 % рудного минерала, извлечение рудного материала в концентрат крупностью 0,15–1 мм составляет 45–65 %, материал крупностью 0,02–0,15 мм обогащается неудовлетворительно (в концентрат извлекается всего 8–12 % рудного минерала).

Различную эффективность обогащения слабомагнитной руды разной крупности можно объяснить тем, что при обогащении в широком диапазоне крупности на электромагнитном валковом сепараторе типа 4ЭВМ-38/250 с определенными параметрами профиля рабочей

зоны нельзя обеспечить условия равнопритягиваемости магнитных частиц различной крупности даже при одинаковых или близких их магнитных свойствах. Мелкие магнитные частицы, находящиеся в нижней части рабочей зоны, центр тяжести которых отстоит от поверхности выступов валка дальше, притягиваются с меньшей силой, чем крупные частицы — сростки, центр тяжести которых находится значительно ближе к поверхности выступа валка, несмотря на их меньшую магнитную восприимчивость. Это приводит к понижению массовой доли рудного минерала в магнитном продукте. Кроме того, при широком диапазоне крупности обогащаемого материала возникают благоприятные условия для механического заноса мелких немагнитных частиц с крупными магнитными частицами при их притяжении к поверхности выступа валка.

Учитывая, что обогащение в электромагнитных валковых сепараторах осуществляется в жидкой среде, а сопротивление среды движению частиц резко возрастает с уменьшением их крупности, мелкозернистые частицы минералов слабомагнитной руды под влиянием магнитных и суммарных механических и гидравлических сил будут двигаться с меньшей скоростью, чем крупнозернистые. Поэтому отделить магнитные частицы от немагнитных при широком диапазоне крупности (от 0,02 до 5 мм) за короткое время пребывания материала в магнитном поле практически невозможно.

Проведенные исследования показывают, что для извлечения марганцевых минералов крупностью 0,15 мм требуется сила магнитного поля в 20 раз больше, чем для тех же минералов крупностью 5 мм, поэтому становится очевидной экономическая нецелесообразность разработки рабочей зоны сепаратора для одновременного разделения минералов столь широкого диапазона крупности. С учетом этого, а также положения, регламентирующего ширину рабочего зазора в зависимости от крупности руды, целесообразно провести предварительную классификацию материала по классам 1 и 0,15 мм и осуществить раздельное обогащение руды крупностью 1–5; 0,15–1 и 0,02–0,15 мм на специально разработанных сепараторах с различным конструктивным исполнением рабочей зоны.

Для слабомагнитных руд крупностью 1–5 и 0,15–1 мм разработаны валковые сепараторы соответственно 4ЭВМ-38/250А-32 и 4ЭВМ-38/250А-16, а для слабомагнитных руд крупностью менее 0,15 мм разработаны роторные, барабанные и кольцевые сепараторы, в которых пространство между полюсами заполнено различными феррозполнителями.

Сепараторы 4ЭВМ-38/250А-32 и 4ЭВМ-38/250А-16: разработчик — Механобрчермет, Гипромашобогашение. Изготовитель — ПО "Рудгор-маш" (г. Воронеж).

Технические характеристики электромагнитных валковых сепараторов

	4ЭВМ-38/250А-32	4ЭВМ-38/250А-16
Типоразмер	4ЭВМ-38/250А-32 4ЭВМ-38/250А-16	
Производительность по твердому, т/ч	25–30	20–25
Крупность обогащаемого материала, мм	1–4	0,1–1
Массовая доля твердого в питании, %	70–80	
Магнитная индукция в рабочей зоне, Тл, не менее:		
верхней	0,7	0,8
нижней	1,1	1,2
Размеры рабочей зоны, мм:		
длина	5500	
ширина	12	8
высота	340	
Размеры валка, мм:		
диаметр	380	
длина	2750	
Число валков	4	
Частота вращения валков, мин ⁻¹ :		
верхнего	50	42
нижнего	28	24
Потребляемая мощность, кВт:		
на возбуждение	13,2	
на привод	46	
Расход воды, м ³ /ч	70–80	60–70
Габаритные размеры сепаратора, м:		
длина	5,5	
ширина	2,7	
высота	2,85	
Масса сепаратора, т	40	

При разработке конструкции новых сепараторов были использованы теоретические основы конструирования аппаратов для магнитного обогащения, разработанные В.И. Кармазиным, учтены все достоинства конструкции сепаратора 4ЭВМ-38/250 и внесен ряд принципиально новых решений, позволивших значительно повысить технико-экономические показатели валковых сепараторов.

В новых сепараторах целиком используется электромагнитная система сепаратора 4ЭВМ-38/250 с трехконтурным двухъярусным магнитным потоком. Сепараторы с индексом "А" отличаются только исполнением валков и полюсных наконечников (различие отмечено в шифре сепараторов, где 32 и 16 — шаг выступов на валках и впадин на полюсных наконечниках) и по сравнению с сепаратором 4ЭВМ-38/250 имеют следующие особенности:

профиль рабочей зоны, где происходит процесс разделения на магнитную и немагнитную фракции, впервые разработан применительно к обогащению узкоклассифицированного слабомагнитного материала крупностью 1–4 и 0,1–1 мм;

увеличенную в 2,8 и 3,3 раза высоту зоны извлечения материалов соответственно в верхней и нижней рабочих зонах;

повышенный коэффициент использования магнитного потока (до 0,85), развиваемый электромагнитной системой сепаратора за счет оптимизации геометрических размеров и формы полюсных наконечников;

повышенную напряженность магнитного поля в рабочих зонах нижнего яруса магнитной системы (до 1600 кА/м на средних сборках), достигаемую благодаря уменьшению рассеивания магнитного потока;

индукция магнитного поля в верхней и нижней рабочих зонах перераспределена с учетом вещественного состава и магнитных свойств материала, поступающего на разделение в эти зоны, а также назначения операции обогащения в верхней и нижней рабочих зонах (индукция магнитного поля в верхней рабочей зоне на 25 % меньше, чем в нижней рабочей зоне);

индукция магнитного поля по высоте рабочей зоны распределена с учетом разности между магнитными силами, необходимыми для извлечения магнитных минералов и достаточными для удержания магнитных минералов, притянувшихся к поверхности выступов валка (соотношение магнитной индукции в зоне извлечения и в зоне удержания материала составляет 1,5:1);

увеличено погружение верхних валков в пульпу (на 34 %) для создания более благоприятных условий разделения минералов в водной среде по сравнению с водовоздушной, кроме того, значительное удаление границы вода-воздух от зоны действия магнитного поля позволило самопроизвольно (при переходе указанной границы) удалиться с поверхности выступов вращающихся верхних валков сильномагнитные примеси и аппаратное железо;

за счет оптимизации параметров основных элементов электромагнитной системы сепаратора увеличена на 250 мм рабочая длина валка при сохранении общей длины валка (за счет сокращения нейтральной зоны на валке), таким образом на 20 % увеличена общая ширина питания сепаратора, т.е. удельная производительность сепаратора;

изменена конструкция ванн сепаратора с учетом выхода продуктов разделения, подача подпорной воды осуществлена во все три отделения ванн вместо двух отделений (концентратного нижней рабочей зоны и хвостового);

с целью повышения надежности работы сепаратора увеличен размер щели, который в 3–8 раз превышает диаметр максимального зерна (5 и 2 мм соответственно при обогащении материала крупностью 1–4 и 0,1–1 мм).

Принцип работы сепараторов 4ЭВМ-38/250А-32 и 4ЭВМ-48/250А-16 аналогичен описанному для сепаратора 4ЭВМ-38/250.

Технические характеристики электромагнитных сепараторов для сухого обогащения мелкозернистых слабомагнитных руд

Параметры	2ЭВС-36/100	4ЭВС-36/100	8ЭВС-В-16/100
Производительность, т/ч	12	7	8
Крупность обогащаемого материала, мм, не более	3	5	2
Напряженность магнитного поля на выступах валка, кА/м	1350	1350	1300
Размеры валка, мм:			
диаметр	360	360	160
длина	1000	1000	1000
Число валков	2	4	8
Частота вращения валков, мин ⁻¹	100–220	85–170	100–200
Потребляемая мощность, кВт:			
на возбуждение	7	8	3,8
на привод	15	12	12
Габаритные размеры, м:			
длина	2,7	2,2	3,1
ширина	2,3	2,1	1,93
высота	2	2,4	2,235
Масса сепаратора, т	8,8	11,5	8,8

Магнитные сепараторы для сухого обогащения мелкозернистых слабомагнитных руд. Для сухого магнитного обогащения мелкозернистых слабомагнитных руд и материалов (ильменит, вольфрамит, циркон, лопарит, рутил, кварц, абразивы) крупностью 0,05–5 мм применяют электромагнитные валковые сепараторы 2ЭВС-36/100, 4ЭВС-36/100, 8ЭВС-В-16/100 и дисковый сепаратор 2ЭДС-60/40; для удаления железистых примесей из стекольного, керамического и абразивного сырья – ЭВС-28/9, ЭВС-36/50, 2ЭВС-15/80, 6ЭВС-В-10/80.

Валковые сепараторы для сухого обогащения слабомагнитных мелкозернистых руд были разработаны на базе валковых сепараторов для мокрого обогащения слабомагнитных мелкозернистых руд, поэтому они не имеют принципиальных конструктивных отличий, а наделены рядом особенностей.

При обогащении в воздушной среде имеется возможность использовать высокоскоростной центробежный режим разделения магнитных и немагнитных минералов, достигаемый за счет увеличения окружной скорости валков. Однако попытки увеличить окружную скорость вращения валков ранее серийно изготавливаемого сепаратора 2ВК-5В оказались безуспешными, так как нагрев валков вихревыми токами достигал значительной величины и резко возрастала потребляемая мощность на их привод. Поэтому по предложению В.В. Крутия и В.Е. Скродского в Механобрчермете разработана конструкция комби-

нированного вала, состоящего из сплошного сердечника из литой магнитомягкой стали и наборной оболочки из тонкой листовой электротехнической стали. Применение таких валков во всех последующих конструкциях сепараторов позволило значительно уменьшить влияние вихревых токов и осуществить высокоскоростной режим разделения.

Высокоскоростной режим разделения в связи со значительным удалением мест разгрузки магнитной и немагнитной фракций позволил отказаться от нарезки щелей в полюсных наконечниках для разгрузки немагнитной фракции и применить простую конструкцию листовых отсекателей.

Ванны в сепараторах различных конструкций снабжены делительными регулируемыми перегородками (отсекателями) для получения от одного до четырех магнитных продуктов. Кроме того, ванны имеют уплотнения, обеспечивающие полную герметизацию сепаратора. Технические характеристики электромагнитных сепараторов для сухого обогащения мелкозернистых слабомагнитных руд приведены в табл. 5.

Сепаратор ЭВС-36/100: разработчики – Механобрчермет и Гипромашобогатение. Изготовитель – ПО "Рудгормаш" (г. Воронеж). Состоит из следующих основных сборочных единиц (рис. 32): электромагнитной системы 1, питателя 2, сборников 3, отсекателей 4, разгрузочных устройств 5, привода 6, защитных кожухов 7 и патрубков для подсоединения к вентиляционной системе.

Электромагнитная система расположена горизонтально и состоит из двух сердечников, на каждый из которых надето по шесть катушек, четырех полюсных наконечников и двух валков. Устройство электромагнитной системы и профиль рабочей зоны сепаратора соответствуют валковым сепараторам для мокрого обогащения типа ЭВМ.

Сборник продуктов обогащения сепаратора представляет собой сварной короб, разделенный внутри на ряд отсеков, снабженных в верхней части тремя отсекателями, а в нижней – четырьмя разгрузочными устройствами. В каждом сборнике имеются окна для наблюдения за процессом обогащения, а в верхней части расположены отсасывающие патрубки для удаления из сепаратора пылевидных частиц. Через патрубки подключают сепаратор к системе вентиляции.

Каждый валок сепаратора имеет индивидуальный привод, состоящий из навесного цилиндрического редуктора, клиноременной передачи с набором шкивов для регулирования частоты вращения вала и электродвигателя.

Работа сепаратора ЭВС-36/100 осуществляется следующим образом. Исходный материал поступает в питатель, распределяется в нем по длине сепаратора и самотеком по лоткам поступает по обеим сторонам в рабочую зону между валками и полюсными наконечниками.

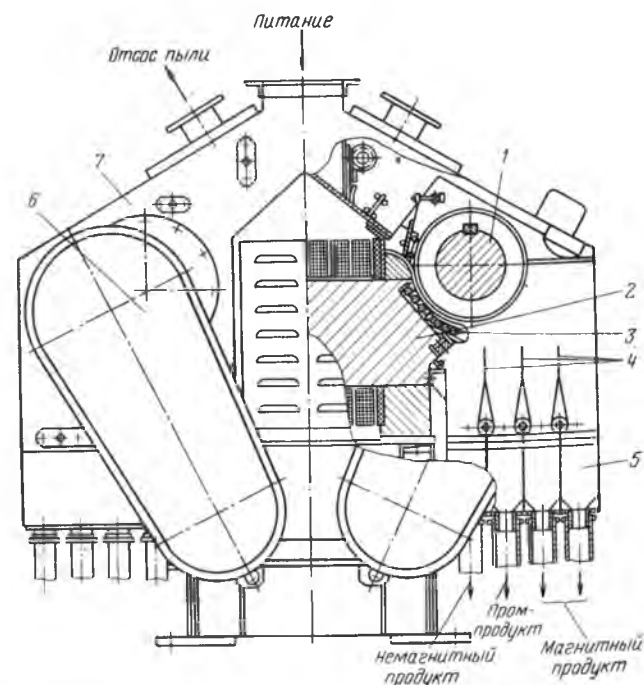


Рис. 32. Электромагнитный валковый сепаратор ЭВС-36/100:

1 – электромагнитная система; 2 – питатель; 3 – сборник; 4 – отсекающий; 5 – разгрузочное устройство; 6 – привод; 7 – защитный кожух

Магнитные минералы притягиваются к выступам вращающихся валков и выносятся ими за пределы действия магнитного поля, где они отрываются, образуя широкий веер. Немагнитные минералы скользят по впадинам полюсных наконечников и под действием сил тяжести поступают в хвостовые отсеки сборника.

Исходный материал после обогащения разделяется на четыре продукта: магнитные продукты двух сортов, промпродукт и немагнитный продукт. Выход и массовая доля магнитных минералов регулируются при помощи отсекателей.

Сепаратор ЭВС-36/100: разработчик – Механобрчермет. Изготовитель – ПО "Рудгормаш" (г. Воронеж). Состоит из следующих сборочных единиц (рис. 33): двух независимых электромагнитных систем – верхней 1 и нижней 2, питателя 6, сборников 3, разгрузочных устройств 4, привода валков 5, защитных кожухов 8 и патрубков для подсоединения к вентиляционной системе 7.

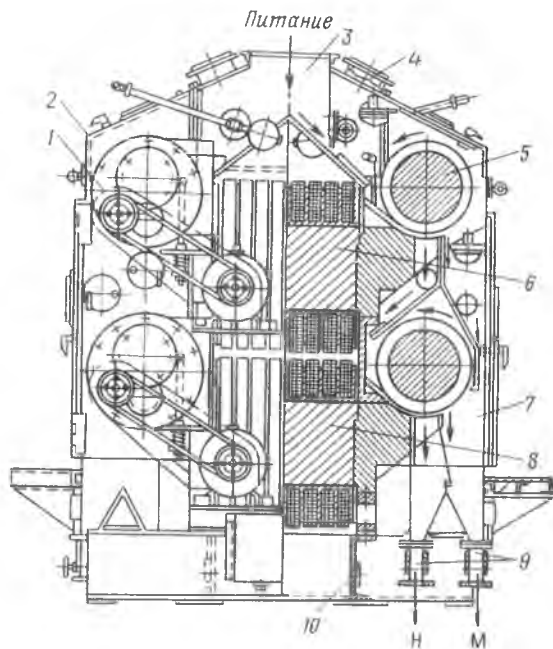


Рис. 33. Электромагнитный валковый сепаратор 4ЭВС-36/100;

1 — привод валков; 2 — защитный кожух; 3 — питатель; 4 — патрубок вентиляционный; 5 — валок; 6, 8 — соответственно верхняя и нижняя электромагнитная система; 7 — сборник; 9 — разгрузочное устройство; 10 — рама

Сепаратор 4ЭВС-36/100 разработан на базе сепаратора 4ЭВС-30/100 и имеет ряд отличительных особенностей. Независимость электромагнитных систем верхних и нижних рабочих зон имеет важное преимущество по сравнению с аналогичной двухъярусной системой, так как позволяет осуществлять раздельную регулировку напряженности магнитного поля на основной операции (верхняя рабочая зона) и на пересортировке немагнитной фракции верхней рабочей зоны (нижняя рабочая зона).

Полюсные наконечники сепаратора изготовляют в двух исполнениях: с щелями для разгрузки немагнитной фракции верхней и нижней рабочих зон в хвостовое отделение ванны и бесщелевые с увеличенной высотой зоны разделения, что, при прочих равных условиях, позволяет повысить эффективность обогащения и производительность сепаратора.

Предусмотрено также два варианта питателя — лотковый при обогащении легкосыпучих мелкозернистых материалов и роликковый (по типу сепаратора 4ЭВС-30/100) при обогащении слабосыпучих материалов.

Исходный материал поступает в питатель через два выходных отверстия, над которыми располагаются короба с сетками для предотвращения попадания в сепаратор частиц с размерами, превышающими верхний предел крупности обогащаемого материала.

В каждом сборнике имеются застекленные окна для наблюдения за поступлением исходного материала, а также для контроля за процессом обогащения. Сборники имеют дверцы для доступа к валкам и полюсным наконечникам сепаратора. При закрытых дверцах уплотнения сборника обеспечивают полную их герметизацию. При использовании бесщелевых полюсных наконечников сборники снабжены отсекателями. В днищах сборников имеются восемь разгрузочных отверстий: по четыре для разгрузки магнитной и немагнитной фракций.

Работа сепаратора 4ЭВС-36/100 аналогична работе сепаратора 4ЭВС-30/100. Магнитные продукты верхней и нижней рабочих зон объединяются внутри сборников. Исходный материал после обогащения разделяется на два продукта — магнитный и немагнитный. В случае использования бесщелевых полюсных наконечников выход и массовая доля минералов в продуктах разделения регулируется при помощи отсекателей.

Сепаратор 8ЭВС-В-16/100: разработчик — Гипромашобогатение. Изготовитель — ПО "Рудгормаш" (г. Воронеж). Состоит из следующих основных узлов (рис. 34): двух питателей 1, четырех рабочих блоков 11 и рамы 8 с приемными воронками 9. Каждый рабочий блок состоит из двух сердечников 3 с надетыми на них катушками 2, двух вращающихся валков 4 и двух контрмагнитов 5. Для разделения веера продуктов обогащения используют отсекатели 10. Каждый валок приводится во вращение индивидуальным приводом 13. Точки 6, 7, 12 служат для подачи материала в рабочие блоки.

Особенность сепаратора — применение дополнительного магнитопровода (контрмагниты) переменного сечения, устанавливаемого симметрично полюсным наконечникам с целью предотвращения прогиба валков, а также повышения коэффициента использования магнитного потока, развиваемого электромагнитной системой сепаратора.

Принцип действия сепаратора 8ЭВС-В-16/100 заключается в следующем: исходный материал из питателя по течке 7 поступает в рабочий блок и далее в рабочую зону между валком и полюсным наконечником, где процесс разделения осуществляется аналогично описанным ранее валковым сепараторам.

Конструктивно сепаратор выполнен таким образом, что магнитные и немагнитные продукты после разделения либо выводятся из сепаратора при параллельной работе всех секций (левая сторона сепаратора, см. рис. 34), либо один из продуктов разделения поступает на пересортировку в нижнюю рабочую зону (правая сторона сепаратора, см. рис. 34).

Исходный материал после обогащения разделяется на два продукта — магнитный и немагнитный.

Дисковый сепаратор 2ЭДС-60/40 из-за низкой производительности (до 0,3 т/ч) находит все меньшее применение, однако необходи-

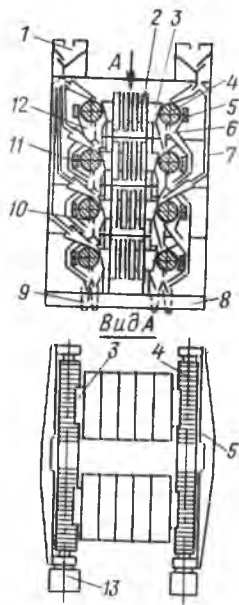


Рис. 34. Электромагнитный валковый сепаратор 8ЭВС-16/100:

1 — питатель; 2 — катушка; 3 — сердечник; 4 — валок; 5 — контрмагнит; 6, 7, 12 — точки; 8 — рама; 9 — приемная воронка; 10 — отсекаль; 11 — рабочий блок; 13 — привод

мо отметить, что он обеспечивает высокие технологические показатели обогащения.

Сепараторы ЭВС-28/9, ЭВС-36/50, 2ЭВС-15/80 и 6ЭВС-В-10/80 из-за низкой производительности применяют редко.

За рубежом магнитное обогащение слабомагнитных мелкозернистых руд получило значительно меньшее распространение, чем в СССР. Это объясняется тем, что добываемые в большинстве зарубежных стран руды имеют высокую массовую долю полезных минералов, которые подвергают только промывке и разделению на отсадочных машинах, а также низкими технико-экономическими показателями имеющихся сепараторов.

В зарубежной практике для мокрого магнитного обогащения сидеритовых, марганцевых и других слабомагнитных руд крупностью 0,1–5 мм применяют валковые сепараторы 2-М М-5, изготавливаемые в ЧСФР, которые по своим технико-экономическим показателям соответствуют ранее выпускавшемуся в СССР сепаратору 2ВК-5.

Для сухого магнитного обогащения бурожелезняковых, сидеритовых, редкоземельных руд и других материалов за рубежом используют индукционно-роликовые сепараторы фирмы "Гумбольдт" (ФРГ), которые по сравнению с отечественными сепараторами аналогичного назначения характеризуются низкой напряженностью магнитного поля, короткой зоной разделения, малым диаметром валков и небольшой длиной питания.

Зарубежные сепараторы для мокрого и сухого обогащения мелкозернистых слабомагнитных руд в СССР не применяют.

В настоящее время лучшими отечественными сепараторами для мокрого и сухого обогащения мелкозернистых руд являются соответственно сепараторы 4ЭВМ-38/250А-16, 4ЭВМ-38/250А-32, 2ЭВС-36/100. Эти сепараторы по своим технико-экономическим показателям значительно превосходят лучшие зарубежные аналоги.

Магнитные сепараторы для мокрого обогащения тонкоизмельченных слабомагнитных руд. Технические характеристики высокоинтенсивных электромагнитных сепараторов, серийно изготавливаемых для

мокрого обогащения тонкоизмельченных слабомагнитных руд, приведены в табл. 6.

Характерная особенность роторного сепаратора 4ЭРМ-20/160 (по аналогии с валковыми электромагнитными сепараторами) — двухъярусная электромагнитная система с замыканием магнитного потока через роторы, т.е. внутреннее расположение электромагнитной системы и внешнее расположение роторов. В этом случае конструктивная схема сепаратора позволяет получить достаточно большую зону для разгрузки магнитного продукта.

Сепаратор также характеризуется тем, что в качестве ферромагнитного заполнителя рабочей зоны применяют зубчатые пластины

Таблица 6

Технические характеристики высокоинтенсивных электромагнитных сепараторов для мокрого обогащения тонкоизмельченных слабомагнитных руд

Параметры	4ЭРМ-20/160	ВМС-100/2	6ЭРМ-35/315
Производительность по твердому, т/ч	50	100	100
Крупность обогащаемого материала, мм	0–0,15	0–0,15	0–0,15
Массовая доля твердого в питании, %	30–50	30–50	30–50
Магнитная индукция в рабочей зоне, Тл, не менее	1,2	1,5	1,2
Высота рабочей зоны, мм	150	150	220
Число рабочих зон	4	2	6
Площадь рабочей зоны, м ²	0,2	1,1	0,35
Объем рабочих зон (суммарный), м ³	0,12	0,33	0,46
Диаметр ротора, мм	1600	2000	3160
Число роторов	4	2	3
Частота вращения ротора, мин ⁻¹ :			
верхнего	4,5; 7,4; 9,5	3–4,5	3,5
среднего	—	—	—
нижнего	4,5; 7,4; 9,5	3–4,5	—
Номинальная мощность электродвигателей приводов (суммарная), кВт	32	21,6	53
Мощность, потребляемая электромагнитной системой, кВт	68,4	66,8	105
Расход воды (суммарный), м ³ /ч	160	160	140
Габаритные размеры сепаратора, м:			
длина	5,93	7	7
ширина	2,84	3,3	5
высота	5,47	5	7
Масса сепаратора, т	70	143,5	200

высотой 150 мм, которые установлены с зазором между ними, равным 1,85 мм. Это позволило получить достаточно высокую индукцию магнитного поля в рабочей зоне (1,2 Тл) при сравнительно небольшой массе сепаратора (70 т).

Характерная особенность барабанного сепаратора ВМС-100/2 – электромагнитная система панцирного типа, позволяющая получить высокую индукцию магнитного поля (до 2 Тл) в больших объемах зоны при сравнительно низкой удельной энергоемкости.

Конструкция сепаратора обеспечивает:

относительно низкое рассеяние магнитного поля;

высокую равномерность напряженности магнитного поля во всем объеме рабочей зоны;

подачу исходного материала и смывной воды в противоположных направлениях относительно матриц;

возможность саморазгрузки крупных частиц, не прошедших через зазоры в матрицах, и тем самым предотвратить их забивку;

вертикальное направление вектора магнитной индукции, совпадающее с направлением подачи исходного материала в рабочую зону, что уменьшает вероятность перекрытия зазоров между элементами матриц магнетитом и сильномагнитными включениями;

значительную удаленность зоны разгрузки магнитной фракции от зоны действия магнитного поля сепаратора.

В качестве магнитного заполнителя могут использоваться в различных комбинациях стержни диаметром 3 мм, набранные в решетку в шахматном порядке с зазором 2,5 мм, плетеные сетки из проволоки диаметром 1,6 мм и сетки из просечно-вытяжного листа.

Принятая конструктивная схема сепаратора позволила разработать блочную конструкцию барабанов длиной, например, 1 м, каждая из которых может работать как отдельный сепаратор.

Сепаратор 6ЭРМ-35/315 по сравнению с роторными отечественными и зарубежными сепараторами имеет ряд принципиальных отличий. В сепараторе впервые применены:

дополнительный скальпирующий ярус ротора с пониженной напряженностью магнитного поля, который работает за счет использования полей рассеяния для извлечения минералов с повышенной удельной магнитной восприимчивостью, включая магнетит;

зубчатые пластины нового типа, установленные с зазором 4 мм (а не 1–2 мм, как в других сепараторах);

питатели нового типа, обеспечивающие создание пленочного режима течения пульпы по пластинам;

брызгала нового типа, значительно сокращающие расход технологической воды для смыва магнитного продукта с пластин.

В сепараторе используется электромагнитная система с внутренним расположением роторов относительно магнитопровода, что поз-

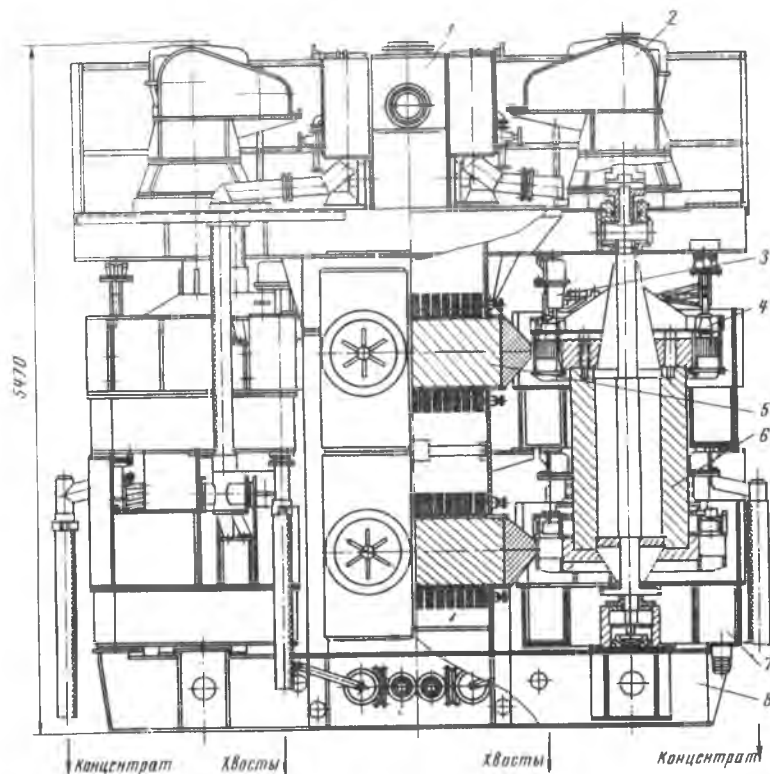


Рис. 35. Электромагнитный высокоинтенсивный сепаратор 4ЭРМ-20/160:

1 – пульпораспределитель; 2 – привод; 3 – питатель; 4 – брызгала; 5 – электромагнитная система; 6 – блок роторов; 7 – ванна; 8 – рама

воляет на каждом роторе осуществить две законченные операции обогащения.

Сепаратор 4ЭРМ-20/160: разработчики – Механобр, Гипромаш-обогащение. Изготовитель – Ворошиловградский завод угольного машиностроения им. Пархоменко. Состоит из следующих основных сборочных единиц (рис. 35): электромагнитной системы 5, двух блоков роторов 6, привода 2 роторов, пульпораспределителя 1, четырех питателей 3, четырех ванн 7, четырех брызгал 4, рамы 8, электрооборудования и системы централизованной смазки.

Электромагнитная система (рис. 36) состоит из двух сердечников 1, на каждый из которых надето по 16 катушек возбуждения 2, и четырех вентиляторов охлаждения 3, нижней 4 и верхней 6 рамы. На сердечниках, имеющих два распора 5, закреплены по четыре полюсных наконечника 7.

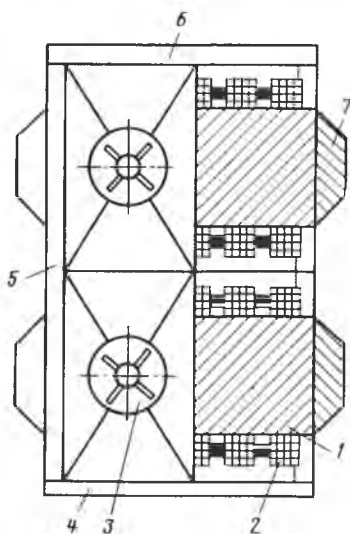


Рис. 36. Электромагнитная система сепаратора 4ЭРМ-20/160:

1 — сердечник; 2 — катушка; 3 — вентилятор; 4, 6 — рама; 5 — распор; 7 — полюсный наконечник

Сердечники и полюсные наконечники изготовляют из магнитомягкой стали. С целью исключения прямого контакта катушек и сердечников между ними установлены стеклотекстолитовые прокладки.

Блок роторов (рис. 37) служит частью магнитопровода и является основным рабочим органом, в котором осуществляется процесс разделения исходного материала. Он состоит из барабана 1 и двух роторов 2, прикрепленных к нему болтами. Барабан снабжен центральным валом 3 с двумя подшипниковыми опорами 4 и полумуфтой 5. Радиальные усилия от магнитного притяжения блоков роторов к электромагнитной системе воспринимаются двухрядными сферическими роликовыми подшипниками в верхней и нижней опорах барабана. Основные усилия от массы и магнитного притяжения воспринимаются упорным шариковым подшипником, установленным в нижней опоре. Для компенсации перекосов упорного подшипника относительно опорной поверхности корпуса нижней опоры под упорный подшипник установлена сферическая пята 7 с подпятником 8. Уплотнение вала — лабиринтное с резиновыми манжетами в крышках корпусов подшип-

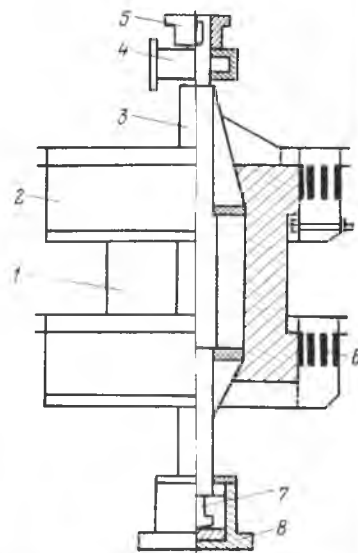


Рис. 37. Блок роторов сепаратора 4ЭРМ-20/160:

1 — барабан; 2 — ротор; 3 — вал; 4 — подшипник; 5 — полумуфта; 6 — феррозакладка; 7 — сферическая пята; 8 — подпятник

ников. Смазка подшипников централизованная, излишек смазки вытесняется из корпусов подшипников через сверления и лабиринтное уплотнение в крышках. В сверлении запрессованы пресс-масленки. Полумуфта 5 соединена с верхним концом вала барабана шпонкой и винтом.

В верхнем торце вала предусмотрено резьбовое отверстие для рым-болта, за который производится подъем и транспортирование блоков роторов при его монтаже и демонтаже.

Ротор 2 представляет собой массивный диск из магнитомягкого материала, насаженный на барабан и прикрепленный к нему болтами. К диску ротора приварены радиальные ребра и цилиндрические обечайки с фланцами, образующими кольцевой зазор. В кольцевом зазоре ротора установлены пакеты зубчатых пластин 6 из нержавеющей магнитопроводной стали, отделенные друг от друга радиальными прокладками. Прокладки — трехслойные, крайние слои немагнитные, средний слой магнитопроводящий, предназначенный для магнитного потока с целью снижения магнитной индукции в зоне разгрузки магнитного продукта.

Пакеты пластин в кольцевом зазоре ротора закреплены прижимами с решетчатыми вкладышами, которые установлены на пакеты под дополнительными болтами. Прижимы затянуты болтами, проходящими через отверстия в обечайках ротора. Дополнительные борты закреплены на фланцах обечайек и служат для предотвращения выплескивания из ротора пульпы и воды. На внутренний борт верхних роторов установлены конические резиновые фартуки, предохраняющие роторы от загрязнения.

Блоки роторов установлены по обе стороны электромагнитной системы и прикреплены к рамам сепаратора на подшипниковые опоры. Вращение блоков роторов осуществляется от приводов, связанных с ними через муфты. Над каждым ротором установлены питатели и брызгала, а под каждым из роторов — ванны для приема продуктов разделения.

Привод обеспечивает вращение блока роторов с заданной частотой. Он состоит из редуктора с вертикальным тихоходным валом, электродвигателя и клиноременной передачи со сменными шкивами на быстроходном валу редуктора. Приводы смонтированы на сварных рамах и установлены на верхней раме электромагнитной системы. Натяжение ремней осуществляется перемещением электродвигателя в пазах рамы с помощью винтового устройства. Клиноременная передача закрыта кожухом.

Пульпораспределитель предназначен для распределения исходного питания по рабочим зонам и представляет собой емкость, разделенную перегородками на отсеки. Исходное питание подается в центральный отсек через патрубок, вваренный в крышку. В стенах отсека

имеются четыре окна, которыми он сообщается с четырьмя боковыми отсеками.

Окна прикрывают крышками с помощью винтового и рычажного механизмов. Каждый из четырех блоков отсеков сообщается патрубком и гибким рукавом со своим питателем. На выходе из каждого отсека установлена сменная насадка с калиброванным отверстием, подобранная таким образом, чтобы не допустить перегрузку ротора исходным питанием. В случаях, когда в пульпораспределитель поступает избыточное питание, оно переливается в специальный карман через вырез в стенке центрального отсека. Карман снабжен патрубком, отводящим перелив.

Внутренняя поверхность пульпораспределителя предохранена от абразивного износа резиновой футеровкой.

Питатель служит для подачи питания непосредственно в рабочую зону. Один конец питателя (криволинейной формы) входит в кольцевой зазор, оканчивающийся цилиндрическим патрубком, в который вставлен рукав, подающий исходное питание от пульпораспределителя ротора, и располагается над решетчатыми вкладышами, прижимающими пакеты зубчатых пластин. Для предотвращения разбрызгивания пульпы на питателе предусмотрены отражатели.

Внутри питателя закреплена решетка, распределяющая питание по его сечению. Для доступа внутрь питателя (в случае необходимости) предусмотрены люки, закрываемые крышками.

Нижние питатели по условиям компоновки с пульпораспределителем выполнены длиннее верхних. На загрузочном конце нижнего питателя имеются два патрубка с фланцами для присоединения трубопроводов, подводящих магнитный или немагнитный продукт от верхней ванны на перечистку в нижний ротор.

Питатель имеет две опоры: одним концом он подвешен к балке таврового сечения, закрепленной на верхней раме электромагнитной системы; загрузочным концом питатель опирается на кронштейн, прикрепленный к борту ванны.

Ванна служит для приема продуктов обогащения из ротора и для их подачи в цеховые коммуникации. Продукты обогащения из верхних ванн могут быть поданы также на нижние роторы для их перечистки. Ванна представляет собой открытую сверху коробку с центральным цилиндрическим проемом, через который проходит барабан блока роторов. Внутренняя полость ванны радиальными перегородками разделена на отсеки. Перегородки в зоне разгрузки промежуточного продукта имеют по два отверстия.

Закрывая пробками отверстия на различных перегородках, можно изменить границы выделения промежуточного продукта. В днище ванны предусмотрены отверстия с патрубками, снабженными фланца-

ми, к которым крепят штуцера. На штуцерах хомутами закреплены гибкие рукава, отводящие продукты обогащения.

Внутренняя поверхность ванны футерована резиной для предохранения ее от абразивного износа. Для удобства монтажа и демонтажа ванна выполнена разъемной, состоящей из двух частей, соединенных между собой болтами.

Нижняя ванна установлена на нижнюю раму, а верхняя – на кронштейны, приваренные к распорам электромагнитной системы и на стойки, опирающиеся на нижнюю ванну. На бортах ванны установлены ограждения роторов.

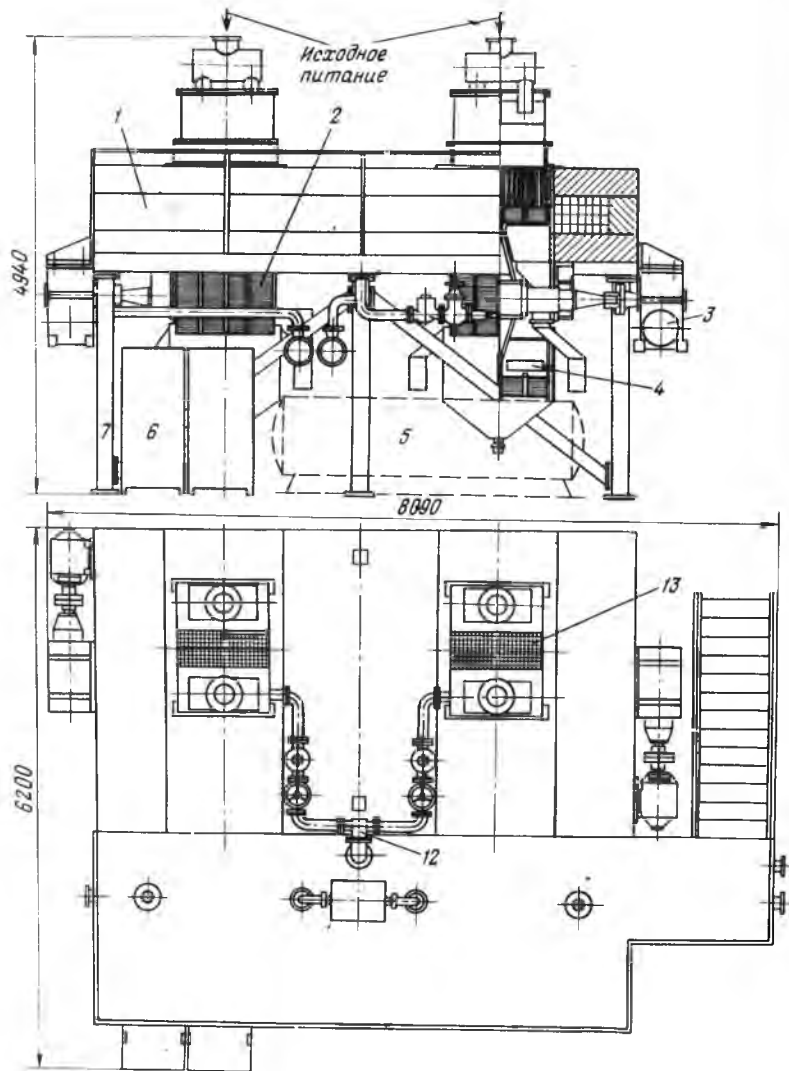
Брызгала служат для подачи промывной воды в зону разгрузки промпродукта и на смыв магнитного продукта в зоне разгрузки концентрата. Их крепят к балкам таврового сечения, что позволяет регулировать положение брызгал относительно ротора.

Брызгала состоят из корпуса и коллектора. Корпус состоит из трех раструбов, общего фланца для присоединения к коллектору и отражателя, к которому приварены планки. Коллектор выполнен в виде трех патрубков, приваренных к общему фланцу. Патрубки оканчиваются штуцерами для присоединения гибких рукавов и к ним приварен кронштейн, посредством которого брызгала закрепляются на балках ванны или рамы электромагнитной системы.

В один из патрубков брызгала, подающего воду на смыв магнитного продукта, подают сжатый воздух. Совместное действие воды и воздуха эффективно при очистке зазоров между зубчатыми пластинами. Воздух подают через штуцер и обратный клапан по гибкому рукаву.

Коллектор служит для распределения воды по брызгалам и их патрубкам. Каждый коллектор закреплен на электромагнитной системе и имеет два отвода на брызгала верхнего и нижнего роторов. Отвод снабжен манометром для контроля давления воды и шестью патрубками с фланцами, к которым крепят расходомеры воды с вентилями и штуцерами для присоединения гибких рукавов от патрубков брызгал.

Принцип действия сепаратора 4ЭРМ-20/160 заключается в следующем. Исходный материал после удаления из него с помощью железотделителей сильномагнитных частиц и посредством контрольного грохочения крупных частиц направляется в пульподелитель. Из пульподелителя исходный материал через питатели поступает в рабочую зону верхнего и нижнего роторов на зубчатые пластины. Под воздействием магнитного поля магнитные частицы, содержащиеся в исходном материале, притягиваются к зубцам пластин и закрепляются на них, а немагнитные – проходят через зазоры между пластинами, попадая в отсек ванны для приема немагнитного продукта. При вращении роторов магнитные частицы, притянувшиеся к зубцам пластин, выносятся из зоны действия магнитного поля и разгружаются в отсе-

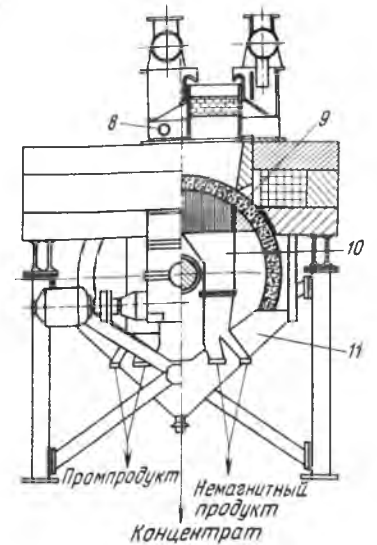


ки для приема концентрата и промпродукта. Их разгрузке способствует вода, подаваемая через брызгала. Поскольку зубчатые пластины уложены в кольцевой зазор вращающегося ротора, то процесс осуществляется непрерывно.

В случае работы сепаратора с перемешкой на нижнем роторе одного из продуктов, получаемых на верхнем роторе, необходимо

Рис. 38. Электромагнитный высокоинтенсивный сепаратор ВМС-100/2:

1 — электромагнитная система; 2 — барабан; 3 — привод; 4 — брызгала; 5 — охладитель; 6 — электрооборудование; 7 — рама; 8 — промывное устройство; 9 — феррозакладка; 10 — хвостовой желоб; 11 — концентратная ванна; 12 — трубопровод подачи воды; 13 — питатель



нижний питатель соединить патрубком с соответствующим отсеком верхней ванны и отсоединить от пульпораспределителя, а отверстие в пульпораспределителе заглушить.

Исходный материал после обогащения на сепараторе разделяется на три продукта: магнитный продукт верхнего ротора (концентрат), магнитный продукт нижнего ротора (концентрат или промпродукт) и немагнитный (хвосты). Магнитные продукты могут объединяться в один продукт.

Сепаратор ВМС-100/2: разработчики — Механобрчермет (СССР), Институт по исследованию руд (ЧСФР). Изготовитель — народное предприятие Железорудне Бане (ЧСФР). Состоит из следующих основных сборочных единиц (рис. 38): электромагнитной системы 1, двух барабанов 2 с феррозакладкой 9, двух приводов барабанов 3, двух питателей 13, восьми хвостовых желобов 10, двух концентратных ванн 11 с четырьмя брызгалами 4, трубопроводов подачи воды 12, охладителя 5, электрооборудования 6 и рамы 7.

Электромагнитная система (рис. 39) сепаратора ВМС-100/2 состоит из верхней 1 и нижней 4 плит магнитопровода, между которыми размещены катушки возбуждения 2, закрытые с торцов промежу-

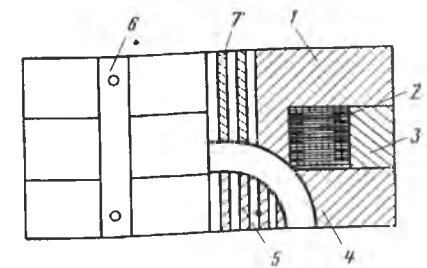


Рис. 39. Электромагнитная система сепаратора ВМС-100/2:

1, 4 — соответственно верхняя и нижняя плиты; 2 — катушка; 3 — промежуточный блок; 5 — нижний полюс; 6 — стяжка; 7 — верхний полюс

точными блоками 3. Все элементы магнитопровода скреплены между собой вертикальными стяжками 6.

Верхняя плита имеет прямоугольный вырез, в который помещают щелевой распределитель питания 7 (верхний полюс). На нижней плите расположен дугообразный щелевой выступ 5 (нижний полюс). Составные части магнитопровода изготовлены из магнитомягкой стали. Чтобы исключить контакт катушек с магнитопроводом, между верхней (нижней) плитой и ними установлены текстолитовые прокладки.

Движение катушек внутри магнитопровода ограничено текстолитовыми прокладками между смежными катушками. Катушки намотаны из полого медного проводника квадратного сечения. Выводы катушек присоединяют к коллекторам для подачи и отвода охлаждающей воды.

При полной сборке внутри магнитопровода образуется дугообразный канал для прохождения барабана 2 (см. рис. 38).

Барабан (рис. 40) – основной рабочий орган, в котором осуществляется процесс разделения исходного материала. Он состоит из вала 1, на котором радиальными косынками 2 закреплена перфорированная обечайка 3. Вал снабжен двумя двухрядными самоцентрирующимися подшипниками 4, заполненными густой смазкой, и полумуфтой 5.

Перфорированная обечайка 3 изготовлена из немагнитной стали и имеет внутри радиальные перегородки, делящие ее на отсеки. В отсеках размещены кассеты с феррозолнителем (стержни или просечно-вытяжная сетка) из нержавеющей магнитной стали. Кассеты крепят к

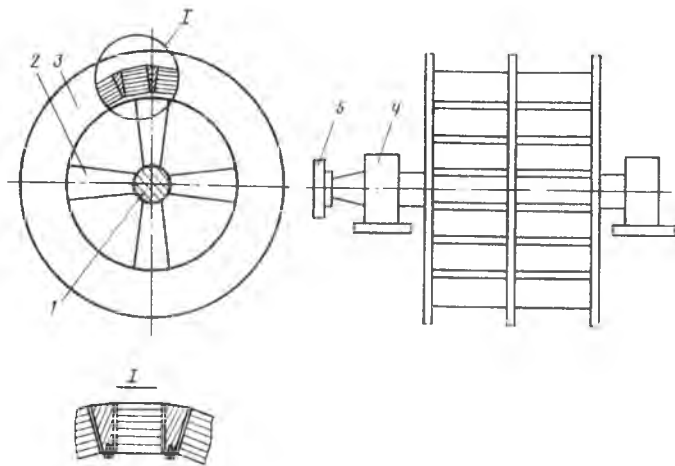


Рис. 40. Барабан сепаратора ВМС-100/2:

1 – вал; 2 – радиальная косынка; 3 – перфорированная обечайка; 4 – подшипник; 5 – полумуфта

радиальным перегородкам при помощи болтов. Торцовые части обечайки выступают над уровнем кассет для предотвращения выплескивания пульпы и воды.

Барабан крепят к магнитопроводу при помощи болтов, проходящих через отверстие опор подшипников, и внутренней резьбы в теле нижней плиты. Над барабаном установлен щелевой распределитель питания, а во внутренней части – хвостовые желоба и смывные брызгала. Вращение барабана осуществляется от привода, связанного с ним через муфту.

Привод обеспечивает вращение барабана с заданной частотой. Он состоит из редуктора с горизонтальным тихоходным валом, электродвигателя и клиноременной передачи на быстроходном валу редуктора (в отдельных модификациях возможна передача через муфту). Привод смонтирован на раме и установлен на боковой поверхности магнитопровода. Натяжение ремней осуществляется перемещением электродвигателя в пазах рамы. Клиноременная передача закрыта кожухом.

Питатель предназначен для снижения скорости поступающей пульпы и равномерной подачи ее в рабочую зону. Он состоит из патрубков с фланцами для подачи питания, двух успокоительных камер, двух переливных лотков и рассекателя. Исходное питание через патрубки поступает в успокоительные камеры и далее через перелив на рассекатель. Рассекатель выполнен в виде пакета решеток из стержней крупного сечения. Для защиты сепаратора от перегрузки по исходному питанию в успокоительных камерах имеются переливные карманы, через которые избыток пульпы возвращается в процесс.

Щелевой распределитель питания служит для распределения и подачи питания непосредственно в кассеты сепаратора и состоит из набора пластин, установленных с зазорами между собой. Пластины изготовлены из магнитного материала и имеют в верхней части выступы. Установка пластин осуществляется путем помещения их в прямоугольный вырез верхней плиты магнитопровода и закрепления в пазах последнего.

Промывное устройство предназначено для подачи воды в кассеты в зоне действия магнитного поля с целью промывки магнитной фракции, закрепившейся на феррозолнителе. Выполнено оно единым целым с питателем в виде емкости, размещенной под его успокоительной камерой. В емкости размещены труба с продольным разрезом и переливной лоток. Для присоединения промывного устройства к магистралям подачи воды на его боковой поверхности имеется патрубок с фланцем.

Промывная вода через патрубок и продольный разрез в питающей трубе поступает в емкость и далее через переливной лоток на щелевой

распределитель питания, по которому направляется непосредственно в матрицы.

Хвостовые желоба предназначены для сбора и вывода из сепаратора немагнитного продукта и состоят из приемного короба и выпускного патрубка. Короб крепят при помощи болтов к нижней плите магнитопровода под нижним полюсом. Для предотвращения износа хвостовые желоба во внутренней части футерованы резиной.

Концентратная ванна служит для сбора и вывода из сепаратора магнитного продукта и представляет собой короб с выпускным патрубком. Она расположена под барабаном и охватывает его нижнюю часть. Ее крепление к нижней плите магнитопровода осуществляется при помощи двух несущих рамок. Изготовлена ванна из немагнитного материала.

Внутри барабана на боковых стенках концентратной ванны установлены смывные брызгала. Располагаются они симметрично по обе стороны барабана непосредственно у касет с феррозакладкой.

Брызгала крепят на специальных рамах, расположенных на боковых стенках ванны, при помощи фиксирующих болтов. Конструкция крепления позволяет регулировать их положение относительно касет. Брызгала выполнены в виде емкости, снабженной переливным лотком, внутри которой находится питающая труба с продольным разрезом. Смывная вода через разрез в питающей трубе поступает в емкость, равномерно распределяется по ней, и далее через переливной лоток направляется в касеты сепаратора.

Система водоснабжения сепаратора включает в себя ряд коллекторов, выполняющих определенные функции. Коллектор общей подачи воды предназначен для запитки всех систем сепаратора и выполнен в виде двух независимых трубопроводов, расположенных вне его габаритов. В схему трубопроводов включены фильтры очистки воды от твердых включений, задвижки и контрольная аппаратура (манометр и расходомер).

Фильтры очистки воды представляют собой закрытые емкости с размещенными в ней защитными сетками. Фильтры установлены в схему трубопроводов параллельно. Это позволяет делать их ревизию без останова сепаратора.

Коллектор подачи промывной воды предназначен для подачи воды на промывное устройство сепаратора и расположен на верхней плите магнитопровода. Выполнен он в виде трубопровода, включенного в схему общей подачи воды. Для обеспечения требуемого расхода воды и его контроля в коллекторе имеются задвижки и расходомер.

Коллектор подачи смывной воды предназначен для подачи воды на смывные брызгала. Выполнен в виде системы трубопроводов, снабженных вентилями на каждое брызгало и общим расходомером, и

размещается под нижней плитой магнитопровода возле концентратной ванны.

В данной конструкции сепаратора для отвода тепла от катушек используется водяное охлаждение. Система охлаждения включает в себя охладитель, насосы подачи воды в катушки, переливной бачок и манометр.

Охладитель выполнен в виде закрытой емкости, внутри которой расположены трубки для протока воды. Емкость снабжена патрубками для подачи и отвода воды из нее и трубок протока. Охлаждение катушек двухконтурное и состоит из внутренней и внешней магистралей. Внутренняя (замкнутая) магистраль предназначена для сбора дистиллированной воды, подаваемой в катушки. Внешняя (открытая) магистраль служит для охлаждения воды внутреннего контура и работает на технической воде фабричных коммуникаций.

Система охлаждения работает следующим образом: дистиллированная вода из внутренней магистрали при помощи насосов, расположенных в раме охладителя, подается в катушки сепаратора. Контроль давления воды на входе в катушки осуществляется при помощи манометра, установленного на нагнетающем трубопроводе насоса. Вода проходит по полым проводникам катушек и через переливной бачок возвращается в емкость охладителя. Переливной бачок служит также для визуального контроля за наличием воды во внутренней магистрали. Вода из коллектора общей подачи поступает в трубки охладителя, проходит по ним, забирая тепло из внутренней магистрали, и далее распределяется на коллекторы промывной и смывной воды. Избыток воды, не используемой на промывку и смыв магнитного продукта, выводится из сепаратора при помощи задвижки, установленной на коллекторе общей подачи.

Электрооборудование сепаратора включает в себя тиристорный преобразователь тока, блок питания привода барабана, шкаф управления и кабели. Тиристорный преобразователь тока служит для преобразования переменного тока в постоянный. Выпрямленный ток подается при помощи кабелей на выводы катушек.

Тиристорный преобразователь имеет на передней панели следующие устройства для управления и контроля: выключатель, кнопки "Пуск" (зеленая) и "Стоп" (красная); светодиоды, потенциометр, амперметр и вольтметр. Светодиоды служат для контроля за наличием фаз на входе в преобразователь. Потенциометр предназначен для получения требуемой силы тока в катушках. Амперметр и вольтметр показывают режим работы тиристорного агрегата. Блок питания привода ротора предназначен для стабилизации напряжения.

Шкаф управления предназначен для подачи напряжения на тиристорный агрегат и блок управления приводом, а также для защиты их от перегрузки в цепи переменного тока. В нем установлены кнопки

подачи и отключения напряжения, защитные автоматы и пробки на каждую фазу цепи переменного тока.

Все сборочные единицы сепаратора, за исключением охладителя и электрооборудования, смонтированы на раме 7 (см. рис. 38). Конструкция сепаратора позволяет при необходимости монтировать его без рамы прямо на фабричные перекрытия. При этом роль несущей конструкции выполняет магнитопровод сепаратора.

Принцип действия сепаратора ВМС-100/2 заключается в следующем. Исходный материал после удаления из него с помощью железотделителей сильномагнитных частиц и посредством контрольного грохочения крупных частиц направляется в питатели сепаратора. Из питателей исходный материал через щелевой распределитель питания поступает в кассеты с феррозаклпнителем. Под воздействием магнитного поля магнитные частицы из пульпы притягиваются к стержням и закрепляются на них, а немагнитные — проходят через зазоры между стержнями и далее через щели нижнего полюса в хвостовые желоба и выводятся из сепаратора. При вращении барабана кассеты с магнитными частицами, закрепившимися на стержнях, выносятся из зоны дейст-

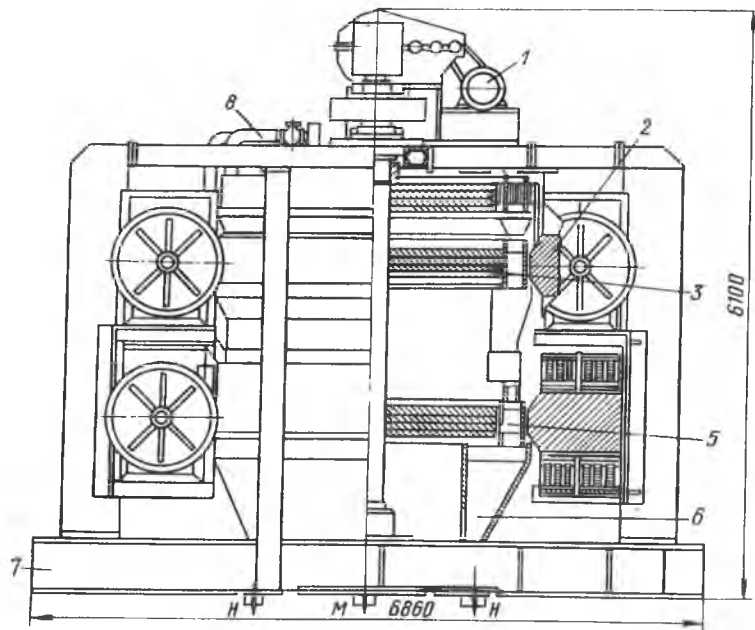


Рис. 41. Электромагнитный высокоинтенсивный сепаратор 6ЭРМ-35/315:
1 — привод; 2 — электромагнитная система; 3 — блок роторов; 4 — питатель; 5 — феррозаклпнитель; 6 — ванна; 7 — рама; 8 — коллектор подачи воды

вия поля и разгружаются в концентратную ванну при помощи воды, подаваемой в них из брызгал.

Исходный материал после обогащения на сепараторе разделяется на два продукта: магнитный и немагнитный.

Сепаратор 6ЭРМ-35/315: разработчики — Гипромашуглеобогащение, Механобрчермет, ДГИ, Институт геотехнической механики АН УССР. Изготовители — Ворошиловградский завод угольного машиностроения им. Пархоменко (СССР) и народное предприятие Железородне Бане (г. Спишка Нова Вес, ЧСФР). Состоит из следующих основных сборочных единиц (рис. 41): электромагнитной системы 2, блока роторов 3, привода роторов 1, феррозаклпнителя 5, шести питателей 4, трех ванн 6, рамы 7, коллекторов 8, электрооборудования и системы централизованной смазки.

Электромагнитная система (рис. 42) состоит из двух С-образных сердечников 6, на которых установлены катушки возбуждения 4, четырех основных 3 и двух дополнительных 2 полюсных наконечников, четырех вентиляторов охлаждения 8, нижней 7 и верхней 1 рам.

Сердечники и полюсные наконечники изготовляют из магнитомягкой стали. Защита от прямого контакта катушек и сердечников аналогична сепаратору 4ЭРМ-20/160. Катушки помещены в корпус, имеющий два переходника. К одному из переходников присоединен вентилятор охлаждения. Для контроля наличия и расхода воздуха на охлаждение катушек на корпусе установлен датчик реле напора.

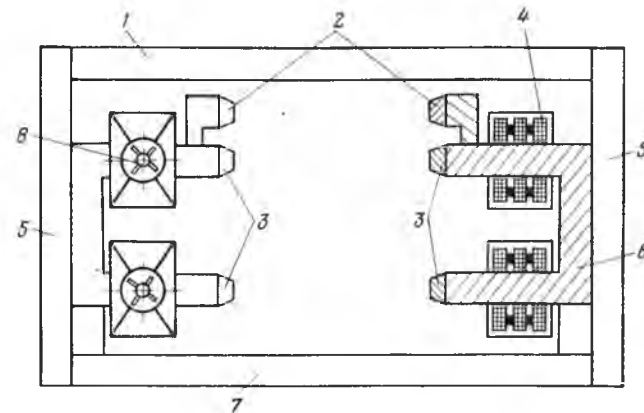


Рис. 42. Электромагнитная система сепаратора 6ЭРМ-35/315:
1, 7 — рамы; 2, 3 — полюсные наконечники; 4 — катушка; 5 — распорка; 6 — сердечник; 8 — вентилятор

Блок роторов служит частью магнитопровода, замыкающего электромагнитную систему сепаратора, и является основным рабочим органом, в котором осуществляется процесс разделения исходного материала. Он состоит из вала и трех закрепленных на нем роторов. Вал снабжен двумя подшипниковыми опорами. Конструкция подшипниковых опор аналогична сепаратору 4ЭРМ-20/160.

Для упрощения технического обслуживания сепаратора вал у опорного подшипника может выполняться разъемным. В верхнем торце вала имеется ось строповки блока при выполнении монтажных работ.

Ротор выполнен в виде массивного диска из магнитомягкого материала. К диску приварены радиальные ребра, снабженные болтами. В ячейках, образованных радиальными ребрами, размещены пакеты зубчатых пластин из нержавеющей магнитопроводной стали. Пластины в пакетах отделены друг от друга прокладками. Пакеты в ячейках ротора фиксируют к радиальным ребрам при помощи прижимных пластин и гаек.

Для предотвращения выплескивания из ротора пульпы и воды ротор оснащен дополнительными бортами.

Блок роторов установлен между сердечниками электромагнитной системы и прикреплен к рамам сепаратора через подшипниковые опоры. Над каждым ротором размещены питатели (рассекатели) и брызгала, а под ними – ванны для приема продуктов разделения.

На верхней раме электромагнитной системы расположен привод, состоящий из редуктора и электродвигателей. Передача вращения от электродвигателя к редуктору осуществляется посредством клиноременной передачи, закрытой кожухом.

Редуктор состоит из специального редуктора и установленного на нем вспомогательного мотор-редуктора. Специальный редуктор представляет собой цилиндрический редуктор с горизонтальным быстроходным и вертикальным тихоходным валами. Передача вращения с тихоходного вала на вал блока роторов осуществляется через кулачковую муфту.

Вспомогательный мотор-редуктор предназначен для медленного прокручивания роторов при производстве ремонтных работ, а также с целью интенсивной промывки зазоров между пластинами после аварийных остановок сепаратора. При работе специального редуктора вспомогательный редуктор выводится из зацепления и во вращении роторов участия не принимает.

Система автоматики обеспечивает последовательное включение в работу всех систем сепаратора и контроль за режимом его работы. Основные ее элементы: реле напора воздуха и давления смазки, датчики контроля сопротивления изоляции катушек, расхода воды, вращения ротора.

Работа сепаратора 6ЭРМ-35/315 аналогична сепаратору 4ЭРМ-20/160. Из зарубежных сепараторов в СССР применяют сепараторы ДР-317 фирмы "Гумбольдт" (ФРГ) и Н1W-8 фирмы "Боксмаг-Рапид" (Великобритания).

Технические характеристики зарубежных высокоинтенсивных магнитных сепараторов для мокрого обогащения тонкоизмельченных слабомагнитных руд

Типоразмер	ДР-317	Н1W-8
Производительность по твердому, т/ч	90	44
Крупность обогащаемого материала, мм	0-0,15	0-0,75
Массовая доля твердого в питании, %	30-50	20-40
Магнитная индукция в рабочей зоне, Тл	0,9	1,7
Высота рабочей зоны, мм	220	150
Число:		
рабочих зон	4	8
роторов	2	2
Мощность, потребляемая электромагнитной системой, кВт	68	70
Расход воды, м ³ /ч	150	120
Габаритные размеры, м:		
длина	6,3	4
ширина	3,8	4
высота	4,3	5,7
Масса, т	98	32

Сепаратор ДР-317 – первый в мировой практике промышленный образец высокоинтенсивного магнитного сепаратора непрерывного действия. Это самая распространенная модель из разработанного фирмой типоразмерного ряда сепараторов. Он состоит из следующих сборочных единиц (рис. 43): электромагнитной системы 1, включающей в себя два С-образных магнитопровода с полюсными наконечниками и надетыми на них катушками, блока роторов 3, в которых установлены пакеты рифленых пластин 2, привода роторов 4, двух ванн 6, рамы 5, электрооборудования с системой автоматики, последовательно включающей в работу все узлы сепаратора, и системы централизованной смазки.

Сепаратор изготавливают в двух вариантах: для эксплуатации в средних широтах и тропический. При этом в тропическом варианте он снабжен вентиляторами для охлаждения катушек.

В конструкции сепаратора предусмотрена возможность его работы как в один (подача питания во все рабочие зоны), так и в два приема обогащения с перемывкой одного из продуктов разделения верхнего ротора на нижнем.

Устройство и назначение отдельных узлов сепаратора и его работа в целом аналогичны сепараторам 4ЭРМ-20/160 и 6ЭРМ-35/315. Но имеют-

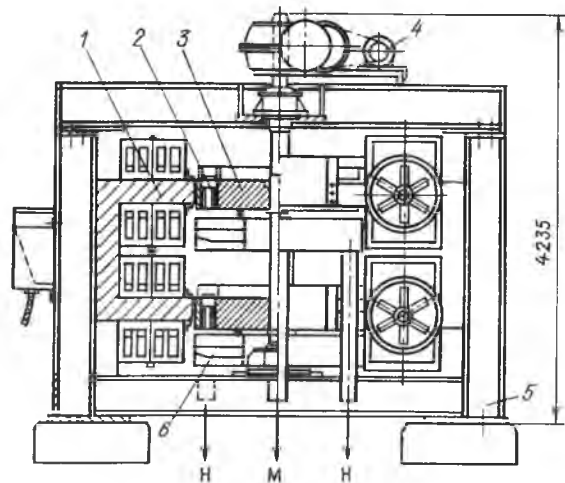


Рис. 43. Электромагнитный высокоинтенсивный сепаратор ДР-317:
1 — электромагнитная система; 2 — феррозаклпнитель; 3 — блок роторов; 4 — привод; 5 — рама; 6 — ванна

ся и некоторые конструктивные отличия: отсутствие дополнительных полюсных наконечников и третьего ротора, имеющихя в конструкции сепаратора 6ЭРМ-35/315, размещение в ваннах наклонных желобов, позволяющих перераспределять продукты разделения по длине рабочей зоны, и установка в питающих трубопроводах шайб, обеспечивающих регулировку производительности сепаратора по объему питания. При необходимости в зоне смыва магнитного продукта может устанавливаться гидроневмосмывное устройство, обеспечивающее эффективную регенерацию феррозаклпнителя.

Сепаратор НГВ-8. Устройство и принцип действия сепаратора следующие (рис. 44). Исходное питание поступает в приемно-распределительное устройство 1, выполненное в виде цилиндрической коробки с распределительным конусом и кольцевым зазором для подачи пульпы на защитную решетку 2. Защитная решетка представляет собой слабонаклоненную к горизонту коническую поверхность из шпальтового сита. Размер щели между колосниками решетки составляет 1 мм. Решетка предназначена для защиты сепаратора от крупных частиц и щепы.

Пульпа проходит через отверстия решетки и далее через восемь выпускных патрубков 3, снабженных запорной арматурой, подается в восемь рабочих зон сепаратора. Крупные частицы остаются на решетке, постепенно перемещаются к периферии и удаляются из сепаратора через четыре патрубка 4.

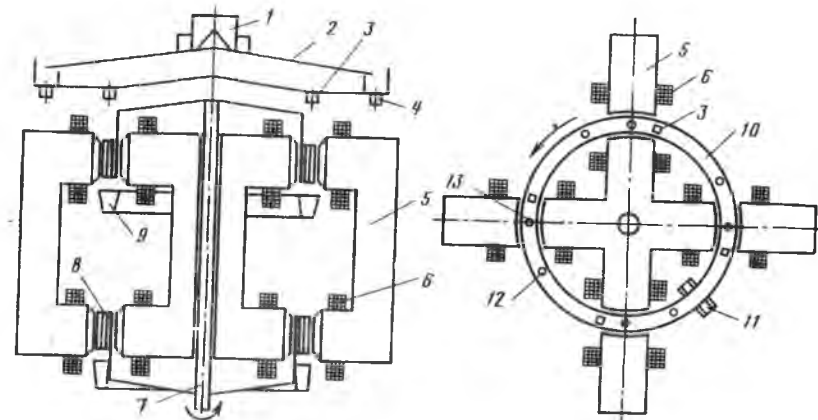


Рис. 44. Схема магнитного высокоинтенсивного сепаратора НГВ-8:
1 — приемно-распределительное устройство; 2 — защитная решетка; 3 — выпускной патрубок; 4 — патрубок для вывода крупных частиц; 5 — магнитопровод; 6 — катушка; 7 — приводной вал; 8 — феррозаклпнитель; 9 — кольцевой желоб; 10 — ротор; 11 — нейтрализатор; 12 — смывное устройство; 13 — промывное устройство

Магнитное поле создается двумя восьмиполюсными электромагнитами, состоящими из магнитопроводов 5 и катушек возбуждения 6. Магнитопроводы сепаратора имеют внутреннюю и наружную части, полюсные наконечники которых расположены навстречу друг другу, образуя восемь рабочих зон.

Питание подается в рабочую зону через патрубки 3 прямоугольного сечения в месте входа роторов 10 в межполюсное пространство. Каждый из двух роторов сепаратора состоит из двух обечаек из листовой нержавеющей стали, между которыми установлены решетки из профилированной проволоки 8 (см. рис. 13).

Роторы расположены в два яруса (один над другим) и получают вращение от приводного вала 7. Привод позволяет плавно регулировать частоту вращения роторов.

Попав в рабочую зону, магнитные частицы притягиваются к феррозаклпнителям, а немагнитные — проходят через зазоры между ними.

Для промывки магнитного продукта и его разгрузки над роторами установлены сопла промывных 13 и смывных 12 устройств. Первое из них устанавливается над рабочей зоной, второе — в месте разгрузки магнитного продукта. Выпуск продуктов разделения из сепаратора осуществляется через кольцевые желоба 9, расположенные под роторами. Желоба имеют перегородки, делящие их на камеры для магнитного и немагнитного продуктов.

Конструкция сепаратора позволяет использовать все восемь рабочих зон для параллельной работы либо перечищать продукты верхнего ротора на нижнем. В последнем случае производительность сепаратора снижается примерно в 2 раза.

Для удаления из ротора случайных ферромагнитных частиц в сепараторе установлены нейтрализаторы 11, которые представляют собой электрические катушки, охватывающие ротор между смежными рабочими зонами. Частота включения и продолжительность работы нейтрализаторов могут изменяться в зависимости от содержания ферромагнитных примесей.

Глава III

ЭКСПЛУАТАЦИЯ МАГНИТНЫХ СЕПАРАТОРОВ

§ 9. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Правильная техническая эксплуатация магнитных сепараторов на горно-обогатительных комбинатах – важнейшее условие их эффективной работы и получения высоких технологических показателей обогащения, она невозможна без соблюдения некоторых общих правил.

Ввиду значительного колебания параметров исходного сырья, отсутствия средств автоматического контроля параметров и сложности конструкции сепараторов они должны находиться под постоянным контролем обслуживающего персонала.

Обслуживающий персонал должен хорошо изучить устройство и принцип работы сепаратора, технологическую схему процесса магнитного обогащения, знать предыдущие и последующие операции, уметь производить регулировку основных режимных параметров сепаратора. Сепараторщик должен знать вспомогательные коммуникации (водоснабжение, электроснабжение, вентиляция и т.д.). Он должен уметь устранять возникающие неисправности, не требующие участия ремонтных служб.

Пуск сепараторов необходимо осуществлять только после внимательного осмотра его электрических и механических узлов и убедиться, что пуск не опасен для людей. Особое внимание следует обратить на надежность крепления узлов и на их возможные механические повреждения. Из рабочей зоны сепаратора необходимо удалить все посторонние предметы, проверить герметичность ванны, работу венти-

лей водоснабжения при мокром или исправность аспирационной системы при сухом магнитном обогащении.

Для предупреждения повреждения рабочих органов и забивки разгрузочных устройств необходимо предусмотреть защиту сепараторов от попадания в рабочую зону крупных кусков руды и посторонних предметов. С этой целью в приемных коробках барабанных сепараторов предусматривается установка защитных сеток, а перед электромагнитными сепараторами – контрольное грохочение.

При пуске в эксплуатацию новых сепараторов (или после их капитального ремонта) осмотр механической и электрической частей, определение температуры нагревания подшипников, редукторов, электродвигателей и катушек электромагнитной системы необходимо производить каждую смену. Температура этих узлов не должна превышать при мокром магнитном обогащении 40–45 °С, а при сухом 85–90 °С. Перед включением сепараторов для сухого обогащения проверяют герметичность корпуса в местах загрузки и разгрузки обогащаемого материала. В электромагнитных сепараторах при работе в мокром режиме не допускается попадание воды или пульпы на катушки магнитной системы.

В случае появления постороннего шума или стука при работе сепаратора он должен быть остановлен для выяснения и устранения неисправностей. При этом на пульте вывешивают плакат "Не включать – работают люди". Не допускается работа сепаратора с изношенной или порванной футеровкой барабана.

Пуск электромагнитных сепараторов производится в следующем порядке. При помощи реостата обмоток возбуждения электромагнитной системы устанавливают наименьшую силу тока в обмотках и включают электродвигатели привода барабанов, валков или роторов. На холостом ходу постепенно реостатом увеличивают силу тока возбуждения до величины, соответствующей технологическому режиму, и, убедившись в нормальной работе сепаратора, подают на него исходное питание.

При мокром магнитном обогащении ванны барабанных и валковых сепараторов необходимо предварительно заполнять водой. Вода также подается в питатель и на брызгала для смыва материала с барабанов, валков и из кассет ротора. После подачи питания следует отрегулировать водный режим разделения.

Остановка сепаратора производится в обратном порядке: перекрыть подачу исходного питания, выработать находящийся в сепараторе материал, плавно снизить, а затем отключить намагничивающий ток. Промыть барабанные и роторные сепараторы на ходу и отключить привод, после чего перекрыть подачу воды.

В случае заклинивания рабочего органа сепаратора производится немедленное отключение его привода.

Пуск и остановка сепараторов для сухого обогащения осуществляются аналогично. Перед подачей исходного питания предварительно включают аспирационную систему. При сухом обогащении влажность руды должна составлять не более 0,5–1 %.

При эксплуатации магнитных и электромагнитных сепараторов для сухого обогащения необходимо соблюдать заданный технологический режим (оптимальную производительность, силу тока в обмотках, толщину слоя руды, частоту вращения барабана или валка и т.д.).

При эксплуатации магнитных сепараторов для мокрого обогащения необходимо поддерживать постоянными их производительность, заданную плотность и уровень пульпы в ваннах, обеспечивать работу разгрузочных насадок. При работе сепараторов необходимо следить за состоянием смазки трущихся частей, наличием ограждения и заземления. Не допускается забивка рабочего зазора и разгрузочных щелей в полюсных наконечниках валковых сепараторов, что приводит к резкому ухудшению качества магнитного продукта и износу выступов валка и полюсных наконечников. Надежность работы валковых сепараторов в значительной степени зависит от нормальной работы устройств (грохотов, сеток), предотвращающих попадание в рабочую зону сепаратора посторонних предметов и крупных кусков руды.

При обогащении слабомагнитных руд на сепараторах с сильным магнитным полем забивка рабочей зоны может произойти за счет накопления в ней сильномагнитного материала, малая доля которого содержится в исходной руде. С целью предотвращения забивки рабочего пространства целесообразно устанавливать барабанные магнитные сепараторы для предварительного удаления из руды сильномагнитных частиц или применять сепараторы с сильным полем, в которых эта операция предусмотрена (например, 6ЭРМ-35/315).

Следует помнить, что в процессе эксплуатации электромагнитных сепараторов с сильным полем валки, полюса и элементы рабочей зоны постепенно изнашиваются. Это приводит к увеличению расстояния между валками и полюсными наконечниками или элементами феррозаклпнителя и снижению магнитной силы. Рабочий зазор в процессе эксплуатации сепараторов должен периодически регулироваться, а изношенные узлы заменяться.

При работе нескольких сепараторов в одной операции питание должно равномерно распределяться между ними, в том числе и по длине рабочей зоны.

Необходимо постоянно наблюдать за качеством продуктов разделения и герметичностью ванн. Следует контролировать показания контрольно-измерительных и сигнализирующих приборов, а при неисправности немедленно поставить в известность лиц, отвечающих за их работу.

При обслуживании барабанных сепараторов с магнитными системами, расположенными внутри барабана, их положение контролируется по величине угла на специальном указателе. Необходимо контролировать напряженность магнитного поля, особенно после ремонтов, и, если она понижена, производить намагничивание магнитной системы.

Для безаварийной эффективной работы сепараторов на обогатительных фабриках предусмотрена система планово-предупредительных ремонтов (ППР) по заранее составленному графику, который согласуется с общим графиком ППР оборудования фабрики.

На современных крупных обогатительных фабриках ремонт магнитных сепараторов производится по агрегатной системе.

§ 10. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕСС МАГНИТНОГО ОБОГАЩЕНИЯ

Рабочий режим обогащения на магнитных сепараторах, как и на другом оборудовании, определяется технологической картой, утвержденной главным инженером предприятия. В карте указывают все конструктивно-технологические и режимные параметры для работы магнитных сепараторов в каждой стадии обогащения. Работа сепараторщика была бы облегчена, если бы на фабрику поступала руда строго постоянного вещественного состава, полностью исключены нарушения режима ее обогащения, все механизмы и агрегаты работали без износа рабочих органов и непредвиденных остановок или все параметры технологического процесса регулировались автоматически.

На практике многие параметры процесса нельзя предусмотреть технологической картой, тем более предугадать все возможные отклонения от исходных данных, заложенных в основу режима магнитного обогащения. Поэтому сепараторщик должен иметь определенный уровень теоретических знаний и практических навыков, чтобы самостоятельно принимать правильные решения.

Оперативную регулировку работы магнитных сепараторов, а следовательно, и технологических показателей обогащения сепараторщик может осуществлять:

- изменением крупности обогащаемого материала;
- регулировкой по магнитным свойствам материала, подаваемого на обогащение;
- изменением плотности питания сепаратора;
- регулировкой напряженности магнитного поля;
- изменением частоты вращения рабочего органа;
- изменением водного режима разделения;
- изменением производительности сепаратора.

Крупность обогащаемого материала. Допустимые пределы крупности обогащаемого материала включаются в технологическую характеристику сепараторов в качестве одного из важнейших параметров, определяющих технологические показатели его работы. От крупности частиц зависят магнитные свойства обогащаемого материала.

Магнитные частицы в поле сепаратора подвергаются действию магнитной и механических сил. С уменьшением крупности снижается удельная магнитная восприимчивость частиц, а следовательно, действующая на них магнитная сила. Механические силы при этом увеличиваются. Поэтому при обогащении более мелкого материала необходимо увеличивать время его пребывания в рабочем пространстве, т.е. снижать производительность. Иначе мелкие частицы не успевают притянуться к рабочему органу сепаратора и разделительный процесс будет плохим. Известно также, что сила магнитного поля резко снижается с удалением от поверхности барабана выступа валка или с увеличением ширины зазора между элементами феррозакладки. Поэтому рабочий зазор должен составлять не менее двух с половиной диаметров максимального зерна материала, поступающего на обогащение. При резком различии в крупности разделяемых минералов затрудняется правильный выбор напряженности магнитного поля, параметров рабочей зоны или ферромагнитных закладок, скоростного режима и производительности сепаратора.

Идеальное условие разделения минеральной смеси в магнитном поле – равномерная подача питания монослоем зерен одинакового размера вдоль рабочей зоны сепаратора. В этом случае можно получить наибольший эффект обогащения. Практически в производственных условиях такая подача неосуществима и экономически нецелесообразна, так как потребовалось бы большое число аппаратов для подготовки материала определенной крупности.

Оптимальные технико-экономические показатели обогащения получают при применении предварительной узкой классификации материала перед магнитными сепараторами, максимально сближающей верхний и нижний пределы крупности разделяемых минералов.

В ряде случаев улучшить показатели сухого магнитного обогащения удастся искусственной агрегацией материала перед подачей его в рабочую зону сепаратора, которая обеспечивает перемещение более мелких частиц к зоне действия напряженности магнитного поля.

Магнитные свойства материала, подаваемого на обогащение. Весьма значимый фактор, влияющий на разделение минералов, – их удельная магнитная восприимчивость. Чем больше различаются минералы по их удельной магнитной восприимчивости, тем легче они разделяются в магнитном поле. Селективность магнитного обогащения

характеризуется отношением удельной магнитной восприимчивости более магнитного минерала, извлекаемого в магнитный продукт, к удельной магнитной восприимчивости менее магнитного минерала, уходящего в немагнитный продукт. Чем меньше это отношение, тем труднее разделить минеральную смесь. Отношение удельной магнитной восприимчивости разделяемых минералов – основной фактор, определяющий необходимую шкалу предварительной классификации исходного питания перед магнитным обогащением.

Плотность питания (или содержание твердого в пульпе) сепараторов оказывает большое влияние на показатели мокрого магнитного обогащения. Плотность питания зависит от технологической схемы переработки сырья и конструктивных особенностей сепараторов.

При более высоком содержании твердого в пульпе производительность барабанных сепараторов увеличивается, однако качество продуктов обогащения снижается. И наоборот, разжижение пульпы, как правило, обеспечивает повышение качества магнитной фракции, но одновременно возрастают также потери магнитных минералов с хвостами, так как увеличивается скорость прохождения пульпы через рабочую зону сепаратора. Оптимальная плотность барабанных сепараторов различна по стадиям обогащения.

Плотность питания роторных сепараторов выбирают исходя из особенностей вещественного состава обогащаемого сырья. Например, наличие глинистых минералов в шламах марганцевых руд определяет необходимость разжижения пульпы с целью разрушения коагуляционных связей между глинистыми частицами и рудными зёрнами.

Плотность питания регулируется объемом воды, подаваемой на сепаратор и защитный грохот. При обогащении окисленных железистых кварцитов рекомендуется поддерживать содержание твердого в питании 30–50 %, а марганцевых руд крупностью менее 0,15 мм – 10–20 %.

Содержание твердого в питании, поступающем на валковые сепараторы, должно составлять 70–80 %. Не допускается снижать содержание твердого ниже 70 %, так как в этом случае роликковый питатель не сможет обеспечить равномерное распределение исходного материала по всей длине валков сепаратора. С учетом объема воды, подаваемой на брызгала сепаратора, в рабочую зону поступает пульпа с содержанием твердого 50–60 %.

Напряженность магнитного поля. Разделение минералов в сепараторе происходит за счет воздействия на них силы магнитного поля. Магнитная сила возникает только в неоднородных полях и зависит от напряженности магнитного поля и его градиента. Из-за сложности непосредственного измерения магнитной силы о ее величине косвенно судят по напряженности магнитного поля в определенной точке,

считая, что степень неоднородности выбрана оптимальной в процессе конструирования сепаратора.

Увеличение напряженности приводит к возрастанию силы магнитного поля и, как следствие, позволяет извлекать в магнитную фракцию не только минералы с более низкой магнитной восприимчивостью, но и сростки сильномагнитных минералов с пустой породой. Это оказывает влияние на выход и качество продуктов разделения. Следует иметь в виду, что чрезмерное увеличение напряженности магнитного поля может привести к повышенному засорению магнитного продукта. Недостаточная напряженность поля – причина потерь магнитных минералов с хвостами. Обычно оптимальная напряженность поля в рабочей зоне сепаратора для данного сырья устанавливается опытным путем и в процессе работы регулируется в незначительных пределах.

Если технологическая схема включает несколько последовательных операций магнитного обогащения, то при перемещении немагнитного продукта напряженность магнитного поля в каждой последующей операции должна быть увеличена. Для доводки магнитных продуктов необходимо постепенное уменьшение напряженности магнитного поля.

Частота вращения рабочего органа сепаратора в значительной мере определяет его производительность и качество продуктов обогащения. Она выбирается в зависимости от метода обогащения (сухой или мокрый), способа подачи питания в рабочую зону (верхний или нижний), магнитной восприимчивости и крупности разделяемых минералов, а также требуемого качества продуктов обогащения (получение кондиционных концентратов или отвальных хвостов).

При мокром обогащении чрезмерно высокая частота вращения барабанов и валков может привести к отрыву от их рабочих поверхностей притянувшихся магнитных минералов и тем самым нарушить процесс разделения. В роторных сепараторах в этом случае происходит взаимное смешивание продуктов разделения. Поэтому частота вращения рабочего органа для каждого типа сырья устанавливается опытным путем и, как правило, не превышает для сильномагнитных руд 22 мин^{-1} , слабомагнитных – 50 мин^{-1} . При выделении отвальных хвостов частота вращения рабочего органа должна быть значительно (ориентировочно в 2 раза) ниже, чем при выделении готового концентрата.

Значительно большее влияние на технологические показатели обогащения оказывает частота вращения рабочего органа при сухом обогащении. В этом случае высокие технологические показатели возможно получать только при быстрходном режиме разделения. Поэтому у сепараторов для сухого обогащения предусматривается широкий диапазон изменения частоты вращения рабочего органа: для

сильномагнитных руд $50\text{--}100 \text{ мин}^{-1}$, для слабомагнитных – $100\text{--}200 \text{ мин}^{-1}$. При одной и той же силе магнитного поля большую частоту вращения можно установить при более высокой удельной магнитной восприимчивости и большей крупности извлекаемого минерала.

Водный режим разделения имеет большое значение в процессе мокрого обогащения. В настоящее время во всех валковых сепараторах применяется режим с затопленным пространством рабочей зоны, который характеризуется тем, что скорость исходного питания гасится в слое воды еще до начала поступления в рабочую зону и на границе раздела воздух–вода происходит расслоение материала. Это в целом дает благоприятные условия для разделения минералов.

Достигается это настройкой водного режима – равномерной подачей в каждое из отделений ванны воды и исходного питания через питатель таким образом, чтобы поступление (руда и вода) и истечение пульпы через насадки ванн были количественно близки друг другу. Объем пульпы, уходящей через сливной порог, должен быть минимальным.

Во избежание частичного переноса тонких частиц минералов из концентратного отделения в хвостовое и наоборот необходимо в каждое из отделений ванн подавать равный объем воды (зависит от диаметра резиновых вставок насадок). С целью уменьшения скорости разгрузки продуктов обогащения и снижения расхода воды диаметр отверстий резиновых вставок насадок подбирают минимально возможным.

Производительность сепаратора. В технической характеристике сепаратора любой марки указана его производительность по твердому.

Производительность магнитных сепараторов определяется многими факторами, основные из которых крупность руды, магнитная восприимчивость извлекаемых магнитных частиц и содержание их в руде, скорость перемещения руды через рабочую зону и скорость удаления продуктов разделения, а при мокром обогащении и плотность питания. Кроме этого, на производительность сепараторов оказывает влияние способ подачи питания в рабочую зону. В сепараторах с верхней подачей вся руда загружается на транспортирующий орган сепаратора и по мере продвижения через рабочую зону происходит высвобождение немагнитных частиц. В сепараторах с нижней подачей транспортирующий орган загружается только магнитными частицами и по мере его продвижения через рабочую зону происходит доизвлечение этих частиц.

Исходя из этого, производительность сепараторов с верхней подачей для сухого обогащения определяется максимально допустимой частотой вращения рабочего органа (эта частота различна для операций выделения хвостов и концентрата).

Производительность сепараторов с нижней подачей для сухого обогащения сильно зависит от скорости удаления магнитного продукта. Исследования работы валковых сепараторов показали, что при увеличении частоты вращения валка, удаляющего магнитный продукт, повышается его качество и одновременно увеличивается производительность сепаратора.

Для мокрого магнитного обогащения сильно- и крупнозернистых слабомагнитных руд применяют сепараторы с нижней подачей. Производительность сепараторов по твердому в значительной степени зависит от плотности питания, поскольку этим определяется производительность пульпы и средняя скорость ее прохождения через рабочую зону. Последняя лимитируется магнитной силой, которая должна обеспечить извлечение магнитных частиц за время их прохождения через рабочую зону сепаратора. Исходя из этого, производительность сепараторов для мокрого обогащения, в отличие от сепараторов для сухого обогащения, характеризуется не только производительностью по твердому (т/ч), но и объемной производительностью ($\text{м}^3/\text{ч}$). Она может возрастать при увеличении длины зоны притяжения, силы магнитного поля и удельной магнитной восприимчивости извлекаемых магнитных частиц или их прядей. Увеличение длины зоны притяжения достигается увеличением диаметра рабочего органа и длины дуги охвата магнитной системы. Однако чрезмерное увеличение размеров приводит к значительному возрастанию массы магнитных систем, а следовательно, и увеличению габаритных размеров и массы сепаратора. Поэтому для каждого типа сепаратора оптимальные размеры его рабочего органа определяют технико-экономическими расчетами.

Высота рабочей зоны определяет пропускную способность сепаратора и может в определенных пределах изменяться при технологической наладке сепараторов для обогащения данного вида минерального сырья. Уменьшение высоты рабочей зоны приводит к увеличению напряженности магнитного поля, и наоборот. Последнее ограничивает возможности увеличения глубины потока барабанных сепараторов для сильномагнитных руд свыше 30–50 мм, а валковых сепараторов для слабомагнитных руд свыше 5–10 мм.

Производительность сепараторов для мокрого обогащения с увеличением крупности обогащаемой руды возрастает, но в значительно меньшей степени, чем при сухом обогащении (более крупнозернистая руда получается в цикле измельчения при большем содержании твердого в пульпе).

Производительность сепаратора при прочих равных условиях будет выше при большем содержании твердого в питании. Однако увеличение плотности питания приводит к ухудшению качества магнитного продукта. Это объясняется тем, что в плотной пульпе рудные и нерудные частицы находятся близко друг от друга и при притяжении

рудных частиц к магнитной системе они "захватывают" большое число частиц породы. Поэтому степень разжижения пульпы определяется при наладке.

С увеличением содержания в исходном питании магнитного минерала увеличивается толщина слоя концентрата на рабочем органе сепаратора. Магнитный продукт получается более богатый, но потери его с хвостами возрастают. При малом содержании в руде магнитного минерала хвосты содержат меньше магнитного железа, но концентрат при этом беднее.

Перечисленные факторы имеют большое значение при магнитном обогащении, поэтому очень важно поддерживать их постоянными.

§ 11. НАЛАДКА МАГНИТНЫХ СЕПАРАТОРОВ ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ СИЛЬНОМАГНИТНЫХ РУД

От правильной работы отделения магнитных сепараторов зависят показатели обогащения всей фабрики. Поэтому вопросам наладки и регулировки магнитных сепараторов уделяют большое внимание

Поиск наилучшего режима работы магнитных сепараторов в конкретных условиях называют *наладкой*.

Эффективная работа сепаратора зависит от правильности его монтажа, установки требуемых режимных параметров и тщательного наблюдения за ходом процесса обогащения. Поэтому перед установкой сепараторов в перекрытиях должны быть подготовлены специальные приемники для продуктов обогащения и кабельные каналы.

Сепараторы должны быть установлены на месте эксплуатации по чертежу общего вида на фундаментные площадки, выверены по уровню и к ним подведено питание пульпой, водой и трехфазным током в соответствии с проектом фабрики.

Питание сепараторов пульпой осуществляется по трубам или желобам с подачей в загрузочный короб в нескольких точках для обеспечения равномерности распределения пульпы вдоль барабана.

Необходимо предусмотреть защиту сепараторов от попадания в них вместе с пульпой случайных предметов и крупных кусков руды для предупреждения повреждения футеровки барабана и лотков сепаратора.

Перед установкой сепаратора необходимо убедиться в следующем:

- отсутствии внутри ванны посторонних предметов;
- наличии масла в редукторе, смазки в подшипниках барабана и зубчатой передаче;
- легкости вращения барабана.

При пуске в работу необходимо включить сепаратор, потом открыть вентили, подающие воду в смыватель и в загрузочный короб,

отрегулировать ее расход, затем подать и отрегулировать питание. Остановка сепаратора осуществляется в обратном порядке. При пуске сепаратора после длительной остановки предварительно должен быть размыт шламистый осадок в ванне.

Смазку в редукторе заменяют через люк с помощью резинового шланга, установленного на штуцере выпускного отверстия корпуса редуктора. При этом выпуск масла происходит за счет свободного истечения, а заливка при разности уровней масла в редукторе и заливочной емкости.

Смазка подшипников барабана производится принудительно с помощью ручного насоса через штуцер 1–2 раза в месяц.

Наладку магнитных сепараторов целесообразно осуществлять на одной-двух машинах каждой стадии магнитного обогащения. Она заключается в опробовании продуктов разделения при различных условиях.

Переменные параметры: производительность сепараторов, положение магнитной системы, разжижение питания, размеры рабочего и концентратного зазоров, расход добавочной воды, подаваемой в ванну и на смыв концентрата, размер выпускных отверстий для разгрузки немагнитного продукта.

При наладке, изменяя одно из условий, все остальные параметры поддерживают постоянными. После отработки перечисленных параметров их переносят на другие сепараторы, работающие в аналогичных условиях.

Так как крупность материала, поступающего на магнитное обогащение, в значительной степени влияет на его показатели и зависит от производительности и типа измельчительного оборудования, при наладке первым решают вопрос о пригодности выбранных сепараторов для работы при данной крупности материала.

Затем определяют оптимальную производительность сепаратора при заданных условиях (крупность руды, отношение Т:Ж, содержание магнитного продукта и т.п.). Для этого отбирают пробы продуктов магнитного обогащения при различной производительности. Число опробований и их частота определяются принятой методикой. Производительность сепаратора с уменьшением крупности обогащаемого материала снижается.

Подбирают (в зависимости от доли магнитного продукта) оптимальный угол наклона магнитной системы. Изменяя угол на 3–5°, производят опробование. По данным опробования выбирают угол установки магнитной системы.

Определяют оптимальную степень разжижения питания водой. Для этого в питающий короб сепаратора добавляют в различных количествах воду и проводят отбор проб продуктов обогащения. Лучшие показатели обогащения (β , δ) будут соответствовать наилучшей сте-

пени разжижения. Обогащение исходного материала при высоком содержании твердого приводит к загрязнению концентрата нерудными частицами.

Устанавливают оптимальный рабочий зазор, для чего его изменяют через 3–5 мм и производят отбор проб. Лучшие показатели соответствуют оптимальному рабочему зазору. В зависимости от массы извлеченного магнитного материала определяют концентратный зазор.

Подбирают по условиям надежной разгрузки магнитного продукта расход воды, подаваемой в брызгала, а также требуемый диаметр сменных насадок выпускных отверстий для разгрузки немагнитного продукта и поддержания постоянного незначительного перелива пульпы через сливной порог. Для этого производят опробование сепаратора при различных диаметрах сменных насадок.

Процесс обогащения на барабанных сепараторах следует вести при стабильных питании, отношении Т:Ж, крупности руды и содержании магнитного продукта в руде, так как от соблюдения этих условий зависит получение хороших технологических показателей.

Наладка процесса сухой сепарации осуществляется на одном сепараторе. В процессе отладки необходимо обеспечить бесперебойное равномерное поступление руды в сепаратор (по времени и по всей ширине питания), разгрузку продуктов обогащения, обеспечить нормальную работу распределителя питания, подающего исходную руду в рабочее пространство сепаратора, проверить положение магнитных систем верхнего и нижнего барабанов, проверить правильность установки распределительной заслонки нижнего барабана, осуществлять контроль процесса обогащения по внешнему виду получаемых продуктов.

Регулировка сепараторов заключается в периодической проверке правильности выбранных при наладке параметров и в изменении отдельных условий процесса при изменении свойств материала, поступающего на магнитное обогащение.

Персонал, обслуживающий сепараторы, должен хорошо знать их устройство и уметь производить пуск, остановку и наладку сепараторов, а при необходимости выполнять следующие регулировки: угла наклона площадки распределителя; частоты вращения барабанов; угла наклона магнитной системы, которое производится при помощи поворотного устройства, установленного на оси магнитной системы; наклона делительной заслонки под нижним барабаном перемещением рукоятки, установленной на цапфе; зазора между рабочими кромками ножей скребка и поверхностью барабана путем перемещения скребка вдоль отверстий, расположенных на установочных плитах корпусов.

§ 12. НАЛАДКА МАГНИТНЫХ СЕПАРАТОРОВ ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ СЛАБОМАГНИТНЫХ РУД

Каждый сепаратор, полученный с завода-изготовителя, после установки его в производственном помещении должен быть тщательно очищен от смазки, предназначенной для предохранения деталей и сборочных единиц сепаратора от коррозии. Для этой цели могут быть применены любые обезжиривающие составы с последующей протиркой чистой ветошью.

Необходимо внимательно осмотреть все механические и электрические узлы сепаратора, доступные для визуального наблюдения, и удалить посторонние предметы. Питающие лотки и желоба, подводящие и отводящие исходное питание и продукты разделения, также должны быть тщательно осмотрены для обеспечения беспрепятственного движения материала. Проверяют герметичность ванн и пульпопроводов, работу вентиля водоснабжения сепаратора при мокром процессе обогащения или исправность аспирационной системы при сухом обогащении.

Проверяют заземление сепаратора, правильность подключения электромагнитной системы и электродвигателей, сборку и установку сепаратора. Перекос и заедание шибера питателя и рычажных насадок ванн не допускаются. Зазор между шиберами и роликом питателя должен быть равномерным по всей длине. Первоначально рекомендуется установить зазор шириной 7 и 10 мм соответственно при обогащении материала крупностью 0,15–1 и 1–4 мм. *Непременное условие* хорошей работы сепаратора – совпадение осей выступов валка и впадин полюсных наконечников у валковых сепараторов, а также одинаковый рабочий зазор по высоте и ширине на всю длину валка. По техническим условиям на изготовление сепараторов допустимым считается осевое смещение выступов валка от впадин полюсного наконечника ± 1 мм.

Положение валка при наличии осевого смещения регулируют путем перемещения валков вместе с подшипниками в требуемом направлении с помощью специальных болтов за счет предусмотренных отверстий для крепления корпусов подшипников валков. Этим способом можно сместить валок в любую сторону на 3 мм. При больших осевых смещениях валков регулировку можно производить изменением размеров распорных колец подшипников.

Ширина рабочих зазоров устанавливается в соответствии с паспортными данными сепаратора в зависимости от крупности исходного материала, поступающего на обогащение. Ширину рабочего зазора устанавливают с помощью подъемных болтов. Для изменения ширины рабочего зазора более чем на 1 мм необходимо ослабить болты крепления крышек уплотнения цапф валков с ванной сепаратора.

Следует помнить, что рабочие поверхности валков и полюсных наконечников электромагнитных сепараторов с сильным магнитным полем в процессе эксплуатации постепенно изнашиваются, что приводит к увеличению расстояния между ними и снижению силы магнитного поля. Это расстояние должно периодически контролироваться. Рекомендуется при истирании рабочих поверхностей валков и полюсных наконечников до 1–3 мм регулировать ширину рабочего зазора путем опускания валка за счет снятия прокладок между рамой и корпусом подшипников валка; при истирании более 3 мм необходимо заменить изношенные узлы.

Контроль ширины рабочего зазора по всей длине дуги охвата валка полюсным наконечником производится при номинальной силе намагничивающего тока с помощью набора пластин, изготовленных из немагничивающего тока с помощью набора пластин, изготовленных изной 400–450 мм). Ширина пластины рекомендуется 25 и 40 мм соответственно для валков с шагом выступов 16 и 32 мм.

Для высокоинтенсивных сепараторов с ферромагнитными заполнителями необходимо проверить надежность крепления матриц в кольцевых отсеках роторов. Матрицы должны быть закреплены жестко, наличие люфтов недопустимо.

Размер отверстий в резиновых вставках насадок по разгрузке продуктов разделения составляет 16–24 мм и выбирается в зависимости от содержания магнитной и немагнитной фракций в исходном питании и производительности. Первоначально рекомендуется установить резиновые вставки с отверстиями диаметром, мм: на концентратной течке верхнего валка 20, нижнего валка – 22, на хвостовой течке – 20.

Наличие магнитного поля с требуемым направлением магнитного потока и напряженностью магнитного поля или магнитной индукцией, а также правильность соединения катушек между собой и направление тока в катушках валковых и роторных электромагнитных сепараторов контролируются с помощью гауссметра или милливеберметра. При отсутствии указанных приборов наиболее быстрый и простой способ контроля правильности соединения катушек валковых сепараторов – помещение в магнитное поле рассеяния сепаратора металлического стержня диаметром 1–5 мм и длиной 300–350 мм. Стержень подносят к зоне между полюсными наконечниками с внешней стороны нейтральной части валка параллельно его продольной оси. Если катушки соединены неправильно, то стержень притягивается только одним концом к полюсному наконечнику и стремится занять положение, перпендикулярное к его поверхности. В этом случае проверяют соединения катушек по схеме, приведенной для каждого сепаратора. Устранение неправильности проверяется контрольным измерением напряженности магнитного поля, которая должна соответствовать паспортным данным.

При правильном соединении катушек стержень притягивается к обоим полюсным наконечникам.

Напряженность магнитного поля или магнитная индукция в рабочих зонах сепаратора регулируется силой намагничивающего тока, подаваемого на катушки сепаратора. Поэтому при наладке сепаратора необходимо включить выпрямительные устройства и проверить плавность и диапазон регулировки тока катушек. При медленном вращении ручек потенциометра показания амперметров должны медленно изменяться от нуля до номинального значения, указанного в паспорте сепаратора.

Согласно схеме и карте смазки, приведенной в документации на каждый тип сепаратора, необходимо проверить наличие масла в редукторах и смазки в подшипниках качения.

Проверке также подлежит сила тока, потребляемая электродвигателями роторов, валков и роликов питателей. При отклонении от номинального значения необходимо выявить причину перегрузки и устранить ее.

Наладке подлежат распределение воды, поступающей в брызгала и смывные устройства сепараторов. Вода должна поступать с брызгал и смывных устройств равномерно по всей длине валков и роторов сепараторов.

При правильно произведенной механической и электрической наладке сепаратора его технологические показатели будут во многом зависеть от правильной эксплуатации и соблюдения технологического режима со стороны обслуживающего персонала.

Сепараторщик должен уметь быстро и безошибочно пускать и останавливать сепараторы и вспомогательное оборудование, входящее в зону его обслуживания. Порядок пуска механизмов сепараторов и последовательность включения вспомогательного оборудования и коммуникаций определяются рабочей инструкцией, утвержденной главным инженером фабрики, с учетом особенностей данного производства и требований техники безопасности.

Правила пуска и остановки сепараторов:

1. Перед пуском необходимо внимательно осмотреть рабочую площадку сепаратора, удалить посторонние предметы, обратив особое внимание на отсутствие металлических предметов в зоне вращения валков и возле полюсных наконечников, которые могут быть притянуты магнитным полем. Затем проверить давление воды в магистрали по показанию манометра и исправность задвижек и вентилях при мокром способе обогащения, а при сухом – проверить герметичность укрытий и работу вытяжных систем вентиляции. Необходимо также убедиться, что пуск сепараторов и другого вспомогательного оборудования безопасен для людей.

2. Открыть общий кран коммуникации воды и вентили системы водоснабжения сепаратора таким образом, чтобы в каждое отделение ванны сепаратора поступал одинаковый объем воды. Наполнить ванны водой до переливных порогов (перелив должен быть минимальным). При сухом обогащении включить систему вытяжной вентиляции. Для высокоинтенсивных сепараторов необходимо открыть запорные устройства и подать воду для охлаждения катушек или включить вентиляторы для сепараторов с принудительным воздушным охлаждением.

3. Проверить положение стрелки потенциометра – она должна быть в нулевом положении.

4. Включить электродвигатели привода вращения валков или роторов.

5. Включить ток возбуждения магнитного поля и плавным перемещением рукоятки потенциометра установить требуемую силу тока.

6. Подать воду на брызгала питателей (расход воды должен быть минимальным, обеспечивающим смыв материала с роликов питателей) или смывные устройства.

7. Подать материал в питатель валковых сепараторов или пульпу в питающие бункера роторных сепараторов.

8. Открыть шибер питателя с установкой рукояток по шкале на заданную производительность.

9. Включить привод питателя и тем самым подать материал в рабочие зоны сепаратора.

После подачи исходного питания на валковые сепараторы с заданной производительностью происходит резкое увеличение перелива пульпы через сливной порог ванны, поэтому необходимо равномерно уменьшить подачу воды в каждое из отделений ванны сепаратора.

При остановке сепаратора необходимо произвести следующие операции:

1. Перекрыть питание, поступающее в питатель или бункер, и выработать находящийся там материал.

2. Выключить электродвигатели.

3. Закрыть шибер питателя.

4. Выключить ток возбуждения магнитного поля (в обязательном порядке снижая ток потенциометром до минимума).

5. Выключить электродвигатели привода вращения валков или роторов.

6. Закрыть общий кран коммуникации воды.

При остановке сепаратора необходимо обратить особое внимание на выключение тока возбуждения только после его снижения до минимального. Отключение катушек при полном токе ведет к разрушению электрических контактов и представляет опасность для их изоляции.

§ 13. ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ

Персонал, обслуживающий сепараторы, должен хорошо знать устройство и принцип работы машины, правила обслуживания, наладки, техники безопасности, а также уметь производить мелкий текущий ремонт сепаратора и вспомогательного оборудования. Необходимо также знать схему цепи аппаратов. Машинисты сепараторов должны быстро и безошибочно производить пуск и остановку сепараторов, устанавливать оптимальные параметры разделения, а также визуально оценивать качество продуктов обогащения.

При эксплуатации магнитных сепараторов с сильным магнитным полем необходимо поддерживать постоянными: намагничивающий ток катушек возбуждения, частоту вращения валков, роторов, массу подаваемого материала, плотность исходного питания, уровень пульпы в ваннах сепаратора.

Следить за равномерностью подачи руды в питатели или пульпы в питающие бункера сепаратора и разгрузкой продуктов разделения. При мокром обогащении необходимо следить также за сохранением постоянного уровня пульпы в ванне, равномерным выходом струи пульпы из насадок, равномерной подачей воды по отделениям ванны, в охлаждающую систему, на брызгала, на смыв и промывку матриц.

Контролировать жесткость крепления матриц в отсеках ротора, чистоту рабочих зазоров сепаратора и щелей в полюсных наконечниках для загрузки питания и разгрузки продуктов разделения.

Следить за нормальной работой движущихся деталей сепараторов, их своевременной смазкой, исправностью защитных приспособлений.

Контролировать нагрев подшипников, электродвигателей, редукторов сепаратора, натяжение клиновидных ремней.

Следить за уплотнением валков сепаратора и роликов питателя, при необходимости менять сальниковую набивку.

Следить за исправностью заземления и периодически его проверять. Следить за тем, чтобы на обмотки возбуждения не попадала вода, периодически с помощью мегомметра контролировать изоляцию обмоток.

Осуществлять визуальную оценку качества продуктов обогащения и регулировку параметров сепаратора, оказывающих влияние на технологические показатели обогащения.

Контролировать работу вспомогательного оборудования.

Стабилизировать высоких технологических показателей обогащения при эксплуатации электромагнитных сепараторов с сильным магнитным полем во многом зависит от надежной работы защитных грохотов и железоотделителей.

Сепараторщику следует периодически контролировать целостность сеток на грохотах контрольного грохочения перед сепаратора-

ми и при необходимости устранять порывы или заменять изношенные сетки.

Перед сухим и мокрым магнитным обогащением слабомагнитных руд в сильном магнитном поле на отдельном аппарате (железоотделителе) из исходного материала крупностью 0–5 мм должны быть удалены сильномагнитные включения (магнетит, металлический скрап и др.). В противном случае сильномагнитные включения будут поступать в рабочие зазоры сепараторов, постоянно накапливаться на поверхности валков, полюсных наконечников и ферромагнитных заполнителях, что приведет к резкому ухудшению технологических показателей, частичной или полной забивке рабочих зазоров.

На обогатительных фабриках, где перед электромагнитным обогащением слабомагнитных руд отсутствует контрольное грохочение и предварительное удаление сильномагнитных примесей и металлического скрапа, необходимо установить защитные аппараты, так как в исходном питании не должны находиться сильномагнитные частицы, а крупность частиц, поступающих на обогащение на валковые и роторные сепараторы, не должна превышать значений, указанных в технической характеристике сепаратора.

§ 14. ОСНОВНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И НЕПОЛАДКИ В РАБОТЕ СЕПАРАТОРОВ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

При эксплуатации сепараторов для мокрого и сухого обогащения сильномагнитных и слабомагнитных руд возможны различные неисправности и неполадки. Перечень основных неисправностей и неполадок, наиболее часто встречающихся, и рекомендации по их устранению приведены в табл. 7 и 8.

§ 15. ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕПАРАТОРОВ

К магнитным параметрам сепараторов относят напряженность магнитного поля, магнитную индукцию и магнитный поток.

Для проведения измерений используют милливеберметр М-119 с набором измерительных зондов и гауссметр (наиболее распространен гауссметр фирмы "Метра Бланка", ЧСФР) (рис. 45).

Шкала милливеберметра М-119 имеет 100 делений с постоянной $C_B = 10^{-4}$ Вб на 1 деление при измерительной катушке, имеющей один виток. Предел измерений милливеберметра при такой измерительной катушке равен 10 мВб.

Измерительная катушка имеет плоскую форму и помещена между тонкими пластинами диэлектрика, составляя вместе с ними зонд

Основные неисправности и неполадки в работе сепараторов для мокрого и сухого обогащения
сильномагнитных руд и способы их устранения

Неисправность, внешние проявления	Вероятные причины неполадок	Рекомендуемые способы устранения неполадок
Остановка барабана под нагрузкой	Заклинивание барабана случайными крупными кусками руды или посторонними предметами Выход из строя привода, подшипников барабана. Попадание пульпы внутрь барабана и заклинивание ею магнитной системы Нарушение в схеме питания электродвигателя Износ приводных звездочек, цепи привода, ремней	Осмотреть барабан и ванну. Удалить случайные куски руды или посторонние предметы, проверить состояние предохранительных сеток Заменить вышедшие из строя или изношенные детали. Разобрать барабан и очистить магнитную систему. Ликвидировать причины попадания пульпы внутрь барабана Проверить схему электродвигателя Заменить изношенные детали
Вращение барабана рывками, стук	Частичный износ приводных звездочек, цепи, ремней. Вытяжка ремней, цепи или ее пробуксовка. Поломка отдельных зубьев звездочки	Подтянуть цепи, натянуть ремни. Заменить цепи, ремни, звездочки
Ухудшение показателей работы	Неправильное положение магнитной системы сепаратора Неправильное положение разделительной заслонки Образование на поверхности барабана плотной корки	Подобрать правильное положение магнитной системы путем опробования продуктов обогащения при различных углах установки магнитной системы Подобрать правильное положение разделительной заслонки путем опробования продуктов обогащения Обеспечить плотное прилегание скребка к поверхности барабана. Повреждение скребком футеровки барабана недопустимо
Частичное падение напряженности магнитного поля	Частичное размагничивание полюсов	Разобрать барабан. Измерить напряженность магнитного поля. Заменить или перемагнитить полюса
Резкое падение напряженности магнитного поля. Отсутствует магнитное поле на барабане	Замыкание полюсов магнитной системы пульпой, попавшей внутрь барабана Неисправная выпрямительная станция Неисправность кабеля, соединяющего станцию с электромагнитной системой Неисправность электромагнитной системы	Разобрать барабан и очистить магнитную систему. Ликвидировать причины попадания пульпы внутрь барабана Устранить согласно эксплуатационной документации Заменить кабель
Поломка кривошипно-шатунного механизма	Попадание в сепаратор руды крупностью более 50 мм или посторонних металлических предметов	Разобрать барабан, установить и устранить неисправность Исключить возможность попадания крупных кусков руды и посторонних предметов
Не производится очистка барабана при пользовании скребком	Износ скребка	Отрегулировать положение скребка на поворотной оси или заменить его
Пересыпание материала через борт вибропитателя	Большая нагрузка по исходному материалу. Забились зазоры между барабаном и вибропитателем	Уменьшить нагрузку по исходному материалу. Увеличить зазоры между барабаном и вибропитателем. Прочистить зазоры при выключенном сепараторе
Течь масла из подшипникового барабана	Отсутствует смазка в подшипниковом узле. Износ манжет	Заполнить смазкой подшипниковый узел. Разобрать подшипниковый узел и заменить манжеты
Появление влаги в масле, утечка масла	Неплотное прилегание крышек к кожуху барабана	Заменить масло. Подтянуть болты крышек к кожуху
Отслаивание резиновой футеровки барабана и ее обрыв	Попадание в сепаратор крупных кусков руды или посторонних предметов. Износ футеровки	Осмотреть барабан и удалить крупные куски руды или посторонние предметы. Произвести подклеивание футеровки, проверить состояние предохранительных сеток

Основные неисправности и неполадки в работе сепараторов для мокрого и сухого обогащения слабомagnetных руд и способы их устранения

Неисправность, внешние проявления	Вероятные причины неполадок	Рекомендуемые способы устранения неполадок
Остановка сепаратора под нагрузкой	Заклинивание одного или нескольких валков, роторов	Осмотреть валки, роторы, удалить случайные посторонние предметы или крупные куски руды
	Выход из строя электродвигателя, редуктора, подшипника, приводных ремней	Заменить изношенные детали или узлы
	Сработала тепловая защита электродвигателей	Проверить наличие посторонних предметов в рабочих зонах сепаратора. Изменить "холостой" ход электродвигателя
Не поступает исходный материал из питателя или питающего бункера	Нет достаточного натяжения клиновых ремней	Подтянуть приводные ремни или заменить их на новые
	Не вращаются ролики питателя	Устранить заклинивание роликов посторонними предметами или крупными кусками руды. Проверить возможность пробуксовки клиновых ремней
	Истерлись нарифления на роликах питателя. Закрыты шиберы питателя Отсутствует или "завис" материал в бункере	Установить новые ролики на питателе. Проверить положение рукояток шибера Обеспечить подачу материала, разрыхление его металлическим стержнем или с помощью вибратора
Исходный материал не поступает в рабочую зону сепаратора	Забилась отверстия в брызгалах питателя	Открыть торцовые пробки, промыть брызгала и прочистить отверстия
	Не поступает вода в брызгала из магистрали	Сделать ревизию магистрали и вентилях брызгал
Падает уровень пульпы в ваннах сепаратора	Забилась загрузочные щели питающих бункеров или магнитопроводов	Очистить питающие бункера или щели магнитопроводов
	Рабочие зазоры забиты сильномагнитными включениями	Проверить работу железоотделителя, снять нагрузку, отключить намагничивающий ток и промыть рабочую зону сепаратора
Наблюдается повышенный перелив пульпы через смывной порог ванны	Упало давление в водной магистрали сепаратора	Проверить давление воды по манометру на магистрали и поставить в известность мастера
	Забиты резиновые рукава или пробковые краны коллектора сепаратора	Снять резиновые рукава со штуцеров, разобрать пробковые краны, прочистить и промыть их
	Износились или отсутствуют резиновые вставки насадок на разгрузке продуктов разделения	Поставить резиновые вставки с отверстиями требуемых размеров
	Уменьшилась нагрузка по исходному материалу, поступающему в сепаратор	Отрегулировать подачу воды в ванну с помощью общего вентиля, поставить в известность мастера
При работе сепаратора не выделяется магнитный продукт	Повысилось давление в водной магистрали сепаратора	Уменьшить подачу воды в сепаратор с помощью общего вентиля
	Забилась отверстия разгрузочных насадок и частично или полностью прекратилась разгрузка продуктов разделения	Открыть насадки поднятием рычагов с контргрузами и дать возможность пройти накопившемуся материалу. Прочистить отверстия насадок и опустить рычаги
	Увеличилась нагрузка по питанию	Проверить положение рукояток шибера, работу классификатора по обезвоживанию питания сепараторов
При работе сепаратора не выделяется магнитный продукт	Отсутствует магнитное поле в рабочей зоне сепаратора	Проверить наличие напряжения, исправность регуляторов напряжения, контакторов и других элементов электрической схемы сепаратора, а

Неисправность, внешние проявления	Вероятные причины неполадок	Рекомендуемые способы устранения неполадок
При работе сепаратора частично или полностью не выделяется немагнитный продукт	Забивка разгрузочных щелей крупными кусками руды в результате порыва сеток контрольного грохота или недостаточного их уплотнения	также наличие цепи в намагничивающих обмотках сепаратора и подводящих проводах Устранить неполадки в контрольном грохоте, произвести ревизию рабочей зоны сепаратора и очистить разгрузочные щели в полюсных наконечниках
Появление стука в корпусе подшипника. Повышенный нагрев подшипника.	Вышел из строя подшипник. Загрязнение смазки из-за попадания в подшипник пульпы или пыли	Промыть подшипник и зарядить его новой смазкой
Появление металлического скрежета и блеска на отдельных выступах валька	Попадание крупных кусков руды или посторонних предметов в рабочую зону сепаратора	Проверить работу контрольного грохота, снять нагрузку, остановить сепаратор и удалить посторонние предметы или крупные куски руды
Течь в местах уплотнения цапф роликов с коробом или валков с ванной	Вышла из строя сальниковая набивка. После ремонта сепаратора неправильно выставлены зазоры между вальками и полюсными наконечниками или ферромагнитными заполнителями матрицы ротора сепаратора	Отрегулировать рабочий зазор согласно чертежам или технической характеристике сепаратора
Низкая производительность сепаратора	После ремонта сепаратора низкая напряженность магнитного поля	Проверить работу электрической схемы, правильность соединения катушек
Низкие технологические показатели разделения	Частичная забивка рабочих зазоров или щелей подачи питания и разгрузки продуктов разделения	Очистить рабочие зазоры и щели
	Преждевременный износ рабочих поверхностей вальков и полюсных наконечников	Установить новые вальки или полюсные наконечники
	Наличие в питании, поступающем в рабочую зону сепаратора, сильномагнитных включений	Проверить работу железоотделителя
	Разрыв или плохое прилегание (после ремонта) резиновой перегородки между концентратным и хвостовым отделением ванны сепаратора	Заменить резиновую перегородку или ее уплотнитель
	Руда поступает не на всю ширину питания сепаратора	Проверить поступление руды в питатель сепаратора, заполнить необходимый объем бункера
	Частичная забивка рабочего пространства между успокоителями и гофрированными лотками	Проверить работу контрольного грохота, очистить рабочую зону перед лотками от крупных кусков руды
	Кратковременные перерывы в подаче постоянного тока в обмотки возбуждения из-за подгорания контакта	Прочистить контакты электрической схемы и проверить наличие цепи в сепараторе
Появление пылевыделения	Отключен вентилятор вытяжной системы сепаратора	Отремонтировать и пустить вентилятор отсоса пыли
Снизилось сопротивление изоляции катушек ниже 1 МОм	Отсырела обмотка катушек	Подсушить катушки
Снижение давления масла в редукторе ниже 20 мПа	Вышел из строя насос системы смазки. Забиты фильтр и трубопроводы системы смазки. Низкий уровень масла в редукторе	Проверить исправность масла в редукторе, при необходимости долить

Несутраиваемость, внешние проявления	Вероятные причины неполадок	Рекомендуемые способы устранения неполадок
Повышение температуры подшипников блока ротора выше допустимой	Отсутствие смазки в подшипниковых узлах. Вышел из строя подшипник	Проверить наличие смазки и исправность подшипника
Снижение ниже допустимого или отсутствие напора воздуха в любом из блоков катушек	Электродвигатель вентилятора неправильно подключен	Поменять фазы электродвигателя
При включении тиристорного агрегата срабатывает автоматический выключатель	Короткое замыкание в силовой части	Проверить элементы силовой части. При необходимости заменить
Стук пластин при вращении ротора	Разбиты дистанционные стержни или прилегающие к ним зубцы. Не закреплена пакет пластин	Определить незакрепленный, вышедший из строя пакет пластин. Закрепить, при необходимости заменить
Перегорают плавкие вставки предохранителей	Короткое замыкание в цепях управления	Устранить короткое замыкание, заменить предохранители

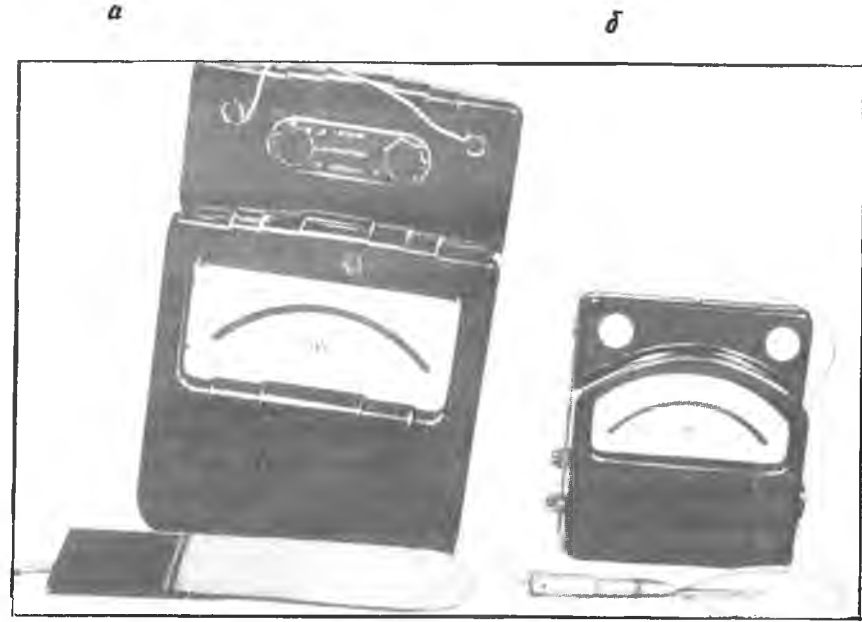


Рис. 45. Приборы для измерения магнитных параметров сепараторов:
 а – милливольтметр М-119 с зондом; б – гауссметр фирмы „Метра Бланка” с зондом

(рис. 46). Для намотки измерительных катушек используют изолированный медный провод марки ПЭЛ диаметром 0,05–0,1 мм.

Величиной, характеризующей измерительную катушку, является постоянная C_K . Она связана с постоянной милливольтметра C_B выражением:

$$C_K = 800C_B / (nS_{cp}),$$

где C_K – постоянная катушки на одно деление шкалы милливольтметра, кА/м; C_B – постоянная милливольтметра, 10^{-4} Вб; n – число витков катушки; S_{cp} – площадь катушки по среднему витку, м².

Число витков измерительной катушки определяют по формуле

$$n = 800C_B / (C_K S_{cp}).$$

В зависимости от назначения сепаратора должна изменяться и постоянная C_K .

Для сепараторов со слабым полем (160 кА/м) $C_K = 3,2 \div 6,4$ кА/м на 1 деление, для сепараторов с сильным магнитным полем (320–1600 кА/м) $C_K = 8 \div 32$ кА/м на 1 деление.

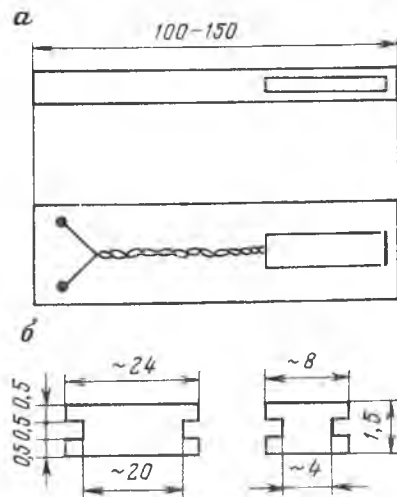


Рис. 46. Зонд с измерительной катушкой:
а — общий вид зонда; б — каркас катушки

Для получения погрешности измерений не более 1,5 % сопротивление катушки не должно превышать 8 Ом. Практика показывает, что для измерения напряженности магнитного поля достаточно двух типоразмеров измерительных катушек. Первый — круглой формы площадью $(1 \div 1,5) \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ применяется для измерения напряженности поля барабанных и роторных сепараторов. Второй — прямоугольник с закругленными углами и площадью $(0,3 \div 0,8) \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, применяется для измерения напряженности поля валковых сепараторов.

Пример измерительной катушки для определения напряженности поля сепаратора 6ЭРМ-35/315 с максимальной напряженностью поля 1120 кА/м. При максимальной величине поля на одно деление милливексметра приходится $1120/100 = 11,2 \text{ кА/м}$ на 1 деление.

При максимальной величине, чтобы максимальное отклонение стрелки не превышало 1/2 шкалы, принимаем постоянную измерительной катушки

$$C_k = 1120 \cdot 2/100 = 22,4 \text{ кА/м на 1 деление.}$$

Для определения напряженности поля необходимо применять катушку первого типоразмера с $S = (1 \div 1,5) \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. Принимаем площадь катушки по среднему витку $1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, тогда число витков измерительной катушки составит:
 $n = 800 C_k / (C_k S_{cp}) = 800 \cdot 10^{-4} / (22,4 \cdot 10^{-4}) \approx 36$ витков.

Порядок работы милливексметра М-119 следующий. Измерительный зонд подключают к зажимам прибора. Переключатель схемы устанавливают в положение "корректор". Поворотом рукоятки корректора стрелка прибора выводится на середину шкалы. Переключатель схемы ставится в положение "Измерение". Прибор готов к работе.

Зонд помещают в точку, где проводится измерение, причем центр измерительной катушки должен располагаться перпендикулярно к силовым линиям поля. При помещении зонда в точку измерения стрелка прибора отклоняется на несколько делений $P1$. После этого зонд быстро убирают из точки измерений (выводят из зоны действия магнитного поля). При этом стрелка прибора смещается на несколько делений $P2$. Ввод и вывод зонда в точку измерений производят несколько раз. По результатам каждого измерения подсчитывают разность $P1 - P2$ и выводят ее среднее значение P_{cp} (в делениях шкалы).

Напряженность поля H (кА/м) в точке измерений вычисляют по формуле

$$H = C_k \Delta P_{cp}$$

Более совершенными по конструкции и простыми в обращении являются гауссметры с полупроводниковыми датчиками, использующие эффект Холла. Они имеют следующие преимущества перед милливексметром М-119:

отсутствие чувствительного баллистического гальванометра и больших расчетных операций;

непосредственный отсчет измерительных величин, что упрощает и ускоряет процесс испытания и дает возможность автоматизировать измерения и запись магнитных характеристик;

отсутствие коммутации сильных магнитных полей и возможность применения импульсного намагничивания с последующим размагничиванием от маломощного источника постоянного тока, что позволяет уменьшить массу и габариты установки;

малые размеры датчика, позволяющие измерять напряженность магнитного поля в небольших зазорах.

Эффект Холла заключается в том, что в полупроводниковой пластинке, помещенной в магнитном поле, при пропускании по ней тока возникает разность потенциалов, пропорциональная напряженности магнитного поля.

Гауссметр состоит из амперметра, источника эдс и полупроводникового датчика, расположенного на конце зонда и укрытого от повреждений фольгой из немагнитного материала. В качестве датчика используют пластинку размером $1,5 \times 3 \times 0,5 \text{ мм}$, изготовленную из электронного германия $n\text{-Ge}$ или мышьяковистого индия $n\text{-InAs}$.

Гауссметр имеет пять поддиапазонов. Два из них предназначены для подготовки прибора к работе и три — для измерений. Поддиапазоны, предназначенные для измерений, имеют следующие пределы: I—0—0,2; II—0—0,5; III—0—2 Тл. Это позволяет одним зондом производить измерения на сепараторах любых конструкций.

Порядок работы на гауссметре следующий. Измерительный зонд вынимают из гнезда. Переключатель поддиапазонов устанавливают в

положение "0" и ручкой "0" выводят стрелку прибора на 0. Затем переключатель поддиапазонов устанавливают в положение "тах" и ручкой "тах" выводят стрелку прибора в максимальное положение, соответствующее краю шкалы. Переключатель поддиапазонов ставят в одно из рабочих положений. Прибор готов к работе.

Измерения при помощи гауссметра производят путем помещения зонда в точку измерений и считывания значений напряженности со шкалы прибора. При этом зонд прибора должен располагаться перпендикулярно к силовым линиям поля. В случае зашкаливания стрелки в области 0 необходимо развернуть зонд на 180°. Если зашкаливание стрелки произошло в области максимума, то надо переключить прибор на поддиапазон с большим пределом измерений.

Измерение напряженности магнитного поля барабанных сепараторов. Для измерения напряженности магнитного поля барабанных сепараторов можно воспользоваться методикой А.А. Бельского, В.Г. Деркача и А.М. Левитского.

Измерение напряженности магнитного поля барабанных сепараторов производится в двух плоскостях: вдоль оси барабана и по его периметру. Для проведения измерений выбирают две базовые поверхности, на уровне которых будет определяться напряженность. В качестве первой поверхности принимают наружную поверхность барабана, второй – поверхность, отстоящую от первой на расстоянии 50 мм.

Для каждой магнитной системы выбирают несколько точек, измерение напряженности в которых является обязательным. Эти точки расположены на поверхности барабана против геометрических осей полюсов. Для получения полной информации о характеристике магнитного поля целесообразно измерять напряженность поля также на краях полюсов и в середине межполюсных зазоров.

Для облегчения проведения измерений составляют сетку расположения геометрических осей полюсов и наносят ее на поверхность барабана. На рис. 47 приведена схема расположения точек измерения напряженности поля восьмиполюсной магнитной системы.

Для измерения магнитных систем сепараторов с длиной барабана более 2,5 м методику измерений можно упростить. Предварительно измеряют напряженность поля только по ссям полюсов на уровне поверхности барабана. Затем сопоставляют средние значения напряженности всей системы с напряженностью отдельных рядов полюсов и выбирают только такой их ряд, в котором напряженности близки к найденным средним значениям. На этих магнитах производят последующие измерения.

Измерение напряженности магнитного поля сепараторов, находящихся в эксплуатации, производится в следующей последовательности: магнитную систему поворачивают полюсами вверх и

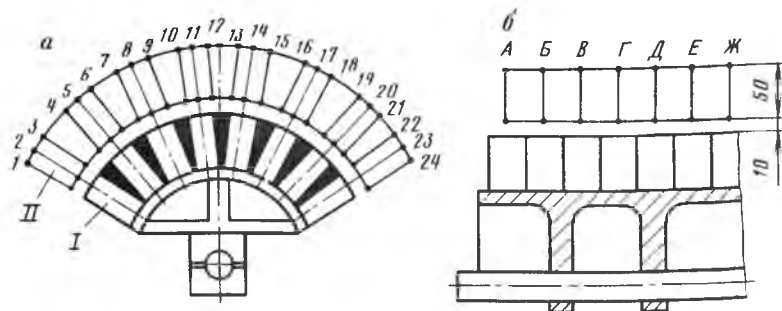


Рис. 47. Схема расположения точек измерения напряженности поля восьмиполюсной магнитной системы:
а – лучи измерений; б – плоскости измерений; I – на поверхности барабана (10 мм от полюсов); II – на расстоянии 50 мм от поверхности барабана

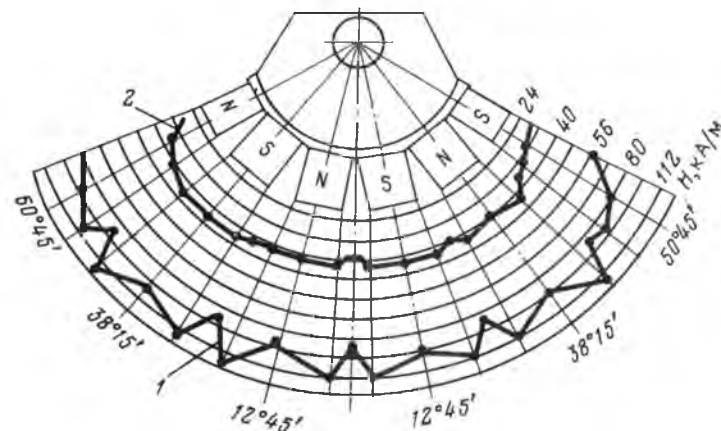


Рис. 48. Распределение напряженности магнитного поля сепаратора ПБМ-90/250:
1, 2 – соответственно на поверхности барабана и на расстоянии 0,05 м от поверхности барабана

заклинивают вместе с барабаном, затем определяют на поверхности барабана оси двух средних полюсов, а также межосевое расстояние. Затем при помощи межосевого расстояния размечают оси остальных полюсов и производят измерения.

Картина магнитного поля сепаратора ПБМ-90/250 показана на рис. 48.

Результаты с указанием даты измерений желательно заносить в паспорт сепаратора. Это позволит следить за падением напряженнос-

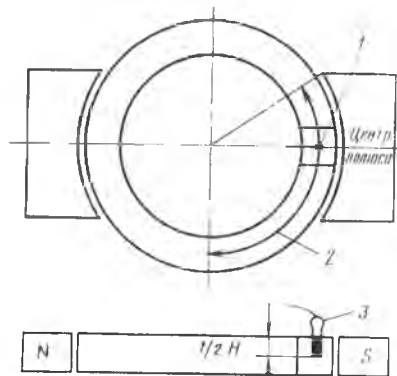


Рис. 49. Схема измерений напряженности роторных сепараторов:
1 — кассета с зондом; 2 — длина зоны измерений; 3 — измерительный зонд

ти магнитов в процессе эксплуатации и оперативно решать вопросы замены барабанов.

Измерение напряженности магнитного поля роторных сепараторов. Измерения проводят в следующем порядке. В роторе сепаратора произвольно выбирается кассета, где будут проводиться измерения, и подводится к геометрическому центру полюсного наконечника магнитной системы (рис. 49). Измерительный зонд помещают в середину кассеты на глубину $1/2$ высоты рабочей зоны, устанавливают требуемую силу тока в катушках и снимают показания прибора.

При наличии у сепаратора более одного ротора измерения проводят на каждом из них.

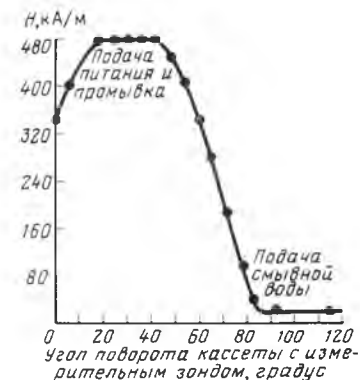
Конструкция роторных сепараторов такова, что для получения высоких технологических показателей необходима оптимизация места установки промывных и смывных брызгал. Для этого проводят топографические измерения напряженности магнитного поля по длине полюсного наконечника и в области разгрузки магнитного продукта. Измерения проводят гауссметром, показания которого выведены на самописец.

Медленным вращением ротора кассету с закрепленным в ней зондом проводят вдоль полюсного наконечника до области разгрузки магнитного продукта (см. рис. 49). При этом самописец вычерчивает кривую, по которой определяют область максимальной напряженности магнитного поля (место установки промывных брызгал) и область ее нулевого или близкого к нулевому значения (место установки смывных брызгал).

Результаты топографических измерений напряженности магнитного поля в рабочей зоне сепаратора 4ЭРМ-20/160 показаны на рис. 50.

Измерение напряженности магнитного поля валковых сепараторов. При подготовке к выполнению измерений должны быть выполнены следующие операции:

Рис. 50. Картина фонового магнитного поля сепаратора 4ЭРМ-20/160



установить радиальные зазоры между полюсными наконечниками и валками в соответствии с технической характеристикой сепаратора, обеспечить равномерность зазора по всей длине валков, отклонение не должно превышать 1,5 мм;

проверить совпадение осей выступов валков с осями впадин полюсных наконечников, отклонение должно быть не более ± 1 мм;

проверить зазор по радиусу валка, отклонение зазора должно быть не более ± 1 мм;

проверить полярность магнитного поля электромагнитной системы;

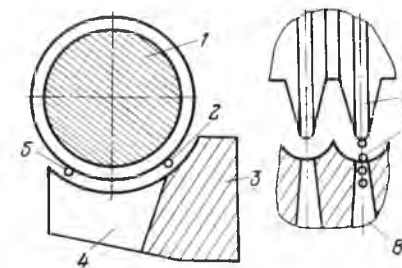
разметить мелом центр каждого полюсного наконечника, где должна измеряться напряженность магнитного поля.

Измерения проводят на вершинах выступов валков в различных точках по глубине рабочего зазора при постоянном (номинальном) токе в катушках и на определенном участке рабочей зоны при различной силе тока (рис. 51).

Измерения проводят в следующем порядке. Устанавливают по амперметру ток в катушках электромагнитной системы, при котором требуется определить напряженность магнитного поля. Вводят в

Рис. 51. Схема профиля валка и полюсного наконечника с точками измерения напряженности магнитного поля в рабочей зоне валкового сепаратора:

1 — валок; 2 — точка на входе; 3 — сплошная часть полюсного наконечника; 4 — щелевая часть полюсного наконечника; 5 — точка на выходе; 6 — выступ валка; 7 — точки по глубине; 8 — щель



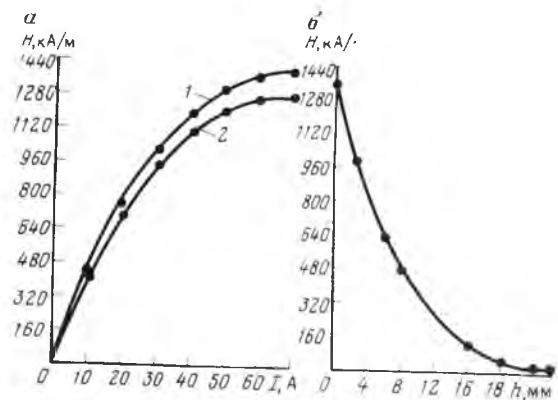


Рис. 52. Зависимость напряженности магнитного поля H в рабочей зоне сепаратора 4ЭВМ-38/250 от силы тока I (а) и от расстояния от поверхности зубца h (б):
1, 2 — напряженность соответственно на входе и выходе

зазор между полюсным наконечником и валком измерительный зонд с катушкой. Устанавливают поворотом ручки корректора стрелку милливексметра на нулевую отметку шкалы. Быстро удаляют измерительную катушку из области действия измеряемого магнитного поля и фиксируют отклонение стрелки прибора в делениях шкалы. Определяют напряженность магнитного поля.

Результаты измерения напряженности в рабочей зоне сепаратора 4ЭВМ-38/250 показаны на рис. 52.

Для усовершенствования конструкций сепараторов с электромагнитными системами измеряют магнитные потоки и определяют магнитные индукции по сечениям магнитопроводов. Измерение проводят милливексметром М-119. Для этого магнитопровод электромагнитной системы разбивают на несколько характерных участков измерений. Например, у сепаратора 4ЭВМ-38/250 такими участками являются центр и концы сердечника, середина каждого магнитопровода и его изгибы (рис. 53).

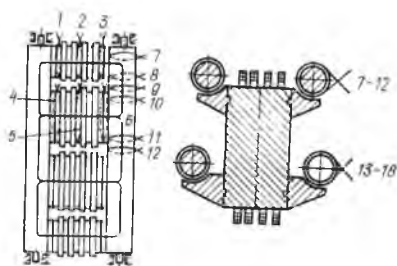


Рис. 53. Схема измерения магнитных потоков и индукций сепаратора 4ЭВМ-38/250:
1-18 — номер измерительной катушки

Результаты измерений магнитных потоков и индукций в сечениях сепаратора 4ЭВМ-38/250

Номер петли	Магнитный поток		Индукция, Тл	Номер петли	Магнитный поток		Индукция, Тл
	$Вб \times 10^{-2}$	%			$Вб \times 10^{-2}$	%	
1	32,4	51,1	1,17	10	9,25	28,78	1,15
2	34,7	53,8	1,26	11	8,52	26,5	1,06
3	33,3	51,7	1,21	12	9,62	29,9	0,872
4	60,5	94	1,10	13	1,51	4,64	0,188
5	64,4	100	1,17	14	11,6	36,1	1,44
6	61	94,7	1,11	15	12,9	40	1,169
7	1,28	4	0,159	16	11,4	35,4	1,41
8	9,3	28,8	1,16	17	11	34,2	1,37
9	10,4	32,3	0,941	18	12,4	38,5	1,122

На границах участков помещают измерительную катушку в виде одного витка медного изолированного провода сечением 0,75–1 мм². При этом виток должен плотно охватывать магнитопровод в намеченном участке. Магнитные потоки измеряют включением и выключением намагничивающего тока в катушках, при этом фиксируется отклонение стрелки милливексметра.

По результатам измерений вычисляют магнитный поток Φ (Вб) по формуле

$$\Phi = C_B \Delta P / n_K,$$

где ΔP — отклонение стрелки милливексметра в делениях; n_K — число витков измерительной катушки ($n_K = 1$).

Если при измерении магнитного потока одним витком катушки происходит зашкаливание стрелки прибора (большое значение магнитного потока), то необходимо снизить его чувствительность включением на зажимы шунтового и последовательного сопротивлений. При этом определяется коэффициент чувствительности милливексметра R :

$$R = (R_{ш} + R_c) / R_{ш},$$

где $R_{ш}$ — шунтовое сопротивление, Ом; R_c — последовательное сопротивление, Ом.

$$\text{Можно использовать следующие сопротивления: } R_{ш} = 2 \div 6; R_c = 20 \div 40 \text{ Ом.}$$

Магнитный поток при введении сопротивлений определяют по формуле

$$\Phi = R C_B \Delta P / n_K.$$

Для характеристики использования магнитного потока определяют коэффициент рассеяния K_p

$$K_p = \Phi / \Phi_{p6} = (\Phi_{p6} + \Phi_p) / \Phi_{p6},$$

где Φ – полный поток системы, Вб; Φ_{p6} – рабочий поток сепаратора, Вб; Φ_p – поток рассеяния, Вб.

Для его вычисления измеряют полный поток системы Φ (по середине сердечника) и рабочий поток Φ_{p6} (по площади рабочего зазора).

Магнитную индукцию B (Тл) в сечениях магнитопровода определяют по формуле

$$B = \Phi / S_M,$$

где S_M – сечение магнитопровода, м².

Результаты измерений магнитных потоков и индукций в различных сечениях сепаратора 4ЭВМ-38/250 при токе 60 А (см. рис. 53) приведены в табл. 9.

Глава IV

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ МАГНИТНЫХ СЕПАРАТОРОВ

§ 16. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Знание правил безопасного ведения работ при обслуживании магнитных сепараторов и строгое соблюдение трудовой дисциплины позволяют работать высокопроизводительно и безопасно.

По условиям электробезопасности электрооборудования сепаратор относится к электроустановкам напряжением до 1000 В. Электротехнический персонал, обслуживающий электрооборудование, должен ясно представлять технологические особенности сепаратора, знать и выполнять Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей.

К работе на сепараторах всех типов на обогатительных фабриках допускаются лица, прошедшие медицинское освидетельствование. Кроме того, работники некоторых обогатительных фабрик проходят периодическую медицинскую проверку состояния здоровья. Сроки повторных проверок устанавливает администрация предприятия и согласовывает с органами здравоохранения.

Все рабочие, поступающие на фабрику для обслуживания сепараторов, должны пройти предварительное обучение правилам техники

безопасности по специальной программе в течение трех дней. Лица, ранее работавшие на обогатительных фабриках и имеющие соответствующую профессию, а также переводимые на работу по другой профессии, проходят обучение в течение двух дней.

Предварительное обучение технике безопасности производится в учебном комбинате предприятия с отрывом от производства и с обязательной сдачей экзаменов.

При отсутствии учебного комбината на предприятии обучение производится инженерно-техническими работниками в индивидуальном или групповом порядке. После предварительного обучения и сдачи экзаменов по технике безопасности вновь поступающие рабочие проходят обучение по профессии. Для ранее работавших по данной профессии необходимость дополнительного обучения по специальности, его объем, сроки и порядок определяются администрацией предприятия. В период обучения рабочие могут допускаться к работе совместно с опытными работниками. К самостоятельной работе по профессии рабочие допускаются только после успешного прохождения обучения по профессии, сдачи экзаменов и получения соответствующих документов.

Перед допуском к самостоятельной работе все вновь принятые и переведенные на другую работу рабочие проходят инструктаж по технике безопасности непосредственно на рабочем месте.

Инструктаж проводится мастером или другим инженерно-техническим работником с последующей записью в специальном журнале и указанием даты проведения инструктажа за подписью обучаемого и мастера. Кроме того, каждому трудящемуся под расписку выдается инструкция по безопасным методам работы на рабочем месте. Повторный производственный инструктаж и проверка знаний по технике безопасности проводятся в сроки, определяемые администрацией предприятия, но не реже 1 раза в год. Результаты проверок также отмечаются в специальном журнале за подписями рабочего и инженерно-технического работника, проводящего инструктаж. В случае совмещения рабочим нескольких профессий обучение по специальности и повторные инструктажи по технике безопасности проводятся по каждой профессии.

Администрация обогатительной фабрики обеспечивает рабочих исправной спецодеждой и защитными приспособлениями. Работа без спецодежды или с неисправными защитными приспособлениями не допускается.

Сепараторщик магнитных сепараторов обязан знать и соблюдать типовые и местные инструкции по безопасным методам труда, правилам технической эксплуатации и противопожарной безопасности. Он

должен знать способы освобождения пострадавших от действия электрического тока и уметь практически производить искусственное дыхание, оказать первую помощь при несчастных случаях.

§ 17. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Правила техники безопасности при работе на магнитных и электромагнитных сепараторах предусматривают следующее.

Сепараторщик обязан выходить на работу в исправной спецодежде, а в необходимых случаях иметь защитные приспособления – резиновые перчатки, защитные очки, респиратор.

При приеме смены машинист сепаратора путем личного осмотра обязан проверить:

исправность обслуживаемых сепараторов и правильность протекания технологического процесса;

наличие и надежность крепления ограждений вращающихся частей;

наличие смазки в подшипниках;

наличие надежного заземления электродвигателей, корпусов сепараторов, пусковых панелей;

исправность брызгал, разгрузочных насадок;

отсутствие на площадках обслуживания металлолома, проволоки, мусора, разлитого масла и др.;

исправность и надежность лестниц, перил, переходных мостиков, площадок и их освещенность;

исправность сигнализации;

исправность герметизирующих укрытий и работу вентиляционных систем.

Проверяется также наличие и исправность противопожарного оборудования, если таковое имеется на рабочем месте.

О всех выявленных недостатках сепараторщик ставит в известность своего сменного мастера.

Пуск сепаратора в работу и его остановка (кроме аварийных случаев) производятся сепараторщиком по команде сменного мастера или диспетчера фабрики. Порядок пуска определяется в соответствии с утвержденной инструкцией, при этом всегда надо помнить, что электромагнитная система включается при полностью введенных реостатах, т.е. когда ток в обмотках возбуждения минимальный.

Перед пуском сепаратора в работу после ремонтов и других остановок сепараторщик обязан:

проверить наличие и исправность ограждений клиноременных зубчатых и цепных передач сепараторов, валов и соединительных муфт приводных устройств;

убедиться, что электродвигатели привода, пускорегулирующая аппаратура и электромагнитная система сепаратора надежно заземлены, а при мокром магнитном обогащении – защищены от попадания влаги;

проверить состояние футеровки рабочих органов и лотков сепаратора;

проверить наличие, исправность и прочность крепления распределительных лотков, воронок, брызгал и пульпопроводов при мокром магнитном обогащении;

тщательно проверить герметичность всех люков и смотровых отверстий в корпусе сепаратора, а при сухом магнитном обогащении – герметичность аспирационных укрытий.

Во время работы оборудования сепараторщик обязан следить: за нормальной работой сепаратора, равномерностью распределения питания по всей длине валков, барабанов и в каждую из рабочих зон ротора, не допускать попадания в рабочие зоны сепаратора посторонних предметов и крупных кусков руды;

за постоянным уровнем пульпы в ваннах сепаратора и равномерным ее распределением на пульподелителях при мокром магнитном обогащении;

за нагревом подшипников и наличием смазки в них, а также температурой рабочих валков, барабанов и приводных электродвигателей;

за исправностью и хорошей натяжкой клиновых ремней и цепей; при пробуксовке запрещается нажимать на ремни и цепи руками или посторонними предметами;

за состоянием изоляции электропроводки и катушек электромагнитной системы, не допускается попадания влаги и пыли на них;

за исправностью и эффективностью работы вентиляционных систем при сухом магнитном обогащении.

Запрещается во время работы сепараторов:

оставлять свое рабочее место или перепоручать наблюдение за работой оборудования и прохождением процесса магнитного обогащения другому лицу, не имеющему права обслуживания сепараторов;

работать при недостаточном освещении;

подниматься на раму сепаратора и трубопроводы, сидеть на перилах и ограждениях;

извлекать из сепаратора посторонние предметы без остановок;

пользоваться неисправным инструментом для работы;

производить ремонт сепаратора и допускать слесарей к ремонту без соответствующего разрешения;

подносить к вращающемуся рабочему органу сепаратора стальные детали и предметы;

производить смазку и регулировку при включенном электро-двигателе привода;

производство сварочных или других работ, связанных с возникновением огня и искр, в непосредственной близости от него;

производить съем сильномагнитных частиц и металлического скрапа с рабочих органов руками, удаление этих частиц должно производиться щетками или специальными приспособлениями при остановленном сепараторе и отключенной электромагнитной системе;

допускать к ремонту и обслуживанию сепаратора лиц, не прошедших специального обучения по правилам эксплуатации и устройства сепаратора;

становиться на сепаратор для проведения работ.

После окончания работы сепараторщик должен произвести уборку рабочего места и сообщить своему сменщику о всех выявленных неполадках.

Ремонт сепараторов должен производиться только после полной их остановки и отключения электромагнитной системы от сети постоянного тока. При этом электрическая схема должна быть разобрана, а на пусковых устройствах вывешен плакат "Не включать – работают люди".

Ремонт электрической части сепаратора может производиться только электротехническим персоналом, имеющим квалификационную группу согласно существующим правилам.

Перед началом работы персонал по ремонту должен быть проинструктирован о способах безопасного ведения работ и мерах личной предосторожности.

При ремонте барабанных сепараторов разборку и сборку их рабочего органа необходимо производить на отдельной площадке.

Недопустимо попадание внутрь барабана бензина или другого растворителя при производстве ремонтных работ.

Перед разборкой барабана необходимо произвести продувку его внутренней полости через отверстие в цапфе оси. Крышка смотрового люка при этом должна быть снята.

Сетки приемных коробов очищать только со стороны, противоположной барабану или с торца с помощью лестницы-стремянки или других приспособлений.

При выполнении ремонтных работ особое внимание должно быть обращено на исправность инструмента, так как неисправный инструмент может служить источником травматизма. Не разрешается пользоваться гаечными ключами, имеющими трещины и изношенный зев, применять удлинители.

После окончания ремонта оборудование должно быть приведено в порядок, а рабочие места и проходы освобождены от посторонних предметов, ограждения установлены на место. Для защиты обслужи-

вающего персонала от поражения электрическим током необходимо обеспечить надежное заземление металлоконструкций сепаратора не менее чем в двух местах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егоров В.Л. Магнитные, электрические и специальные методы обогащения руд. М.: Недра, 1977.
2. Егоров В.Л. Обогащение полезных ископаемых. М.: Недра, 1986.
3. Кармазин В.И., Кармазин В.В. Магнитные методы обогащения. М.: Недра, 1984.
4. Кармазин В.В., Кармазин В.И. Магнитные и электрические методы обогащения. М.: Недра, 1988.
5. Келина И.М. Обогащение руд. М.: Недра, 1979.
6. Справочник по обогащению руд. Основные процессы. М.: Недра, 1983.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.	3
Глава I. ОСНОВЫ ПРОЦЕССА МАГНИТНОГО ОБОГАЩЕНИЯ РУД	4
§ 1. Магнитное поле и его характеристики	4
§ 2. Магнитные свойства минералов	8
§ 3. Показатели обогащения.	12
§ 4. Схемы магнитного обогащения.	14
Глава II. МАГНИТНЫЕ СЕПАРАТОРЫ.	25
§ 5. Классификация магнитных сепараторов.	25
§ 6. Принцип работы магнитных сепараторов	32
§ 7. Магнитные сепараторы для обогащения сильномагнитных руд.	38
§ 8. Магнитные сепараторы для обогащения слабомагнитных руд.	64
Глава III. ЭКСПЛУАТАЦИЯ МАГНИТНЫХ СЕПАРАТОРОВ	104
§ 9. Общие сведения.	104
§ 10. Факторы, влияющие на процесс магнитного обогащения	107
§ 11. Наладка магнитных сепараторов для обогащения сильномагнитных руд	113
§ 12. Наладка магнитных сепараторов для обогащения слабомагнитных руд	116
§ 13. Правила эксплуатации	120
§ 14. Основные неисправности и неполадки в работе сепараторов и способы их устранения	121
§ 15. Измерение магнитных параметров сепараторов	121
Глава IV. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ МАГНИТНЫХ СЕПАРАТОРОВ.	138
§ 16. Основные требования	138
§ 17. Правила техники безопасности	140
Список литературы	143